

# 大数据时代的海上 指挥与控制

胡志强 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是国内第一部从大数据的角度论述海上指挥与控制的专著。全书以大数据时代海上联合行动为背景,从“三个世界”理论出发,系统地论述了大数据指挥与控制的概念、内涵和本质,诠释了大数据时代指挥与控制的组织形态,提出了几种典型的海上大数据指挥控制行动及相关大数据;基于云计算,提出了海上大数据联合作战行动体系平台框架和功能模型,突出了“以数据(知识)为中心”的联合作战体系建模思想,阐述了大数据处理的内容和方式;系统分析了大数据指挥活动,阐述了云作战机理及以大数据为中心的指挥控制体制;论述了大数据联合作战空间管理、战场资源管理、精确火力控制及大数据海上应急救援等军事行动和非军事行动指挥控制的有关内容。

本书内容丰富、题材新颖,具有较强的创新性和应用研究价值,可供军民指挥与控制领域的专家、学者和科研人员,特别是与海洋行动指挥控制有关的科研院所、大学、部队机关、军事院校、海警院校、海洋行动等有关单位研究参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

大数据时代的海上指挥与控制/胡志强著. —北京:电子工业出版社, 2016.3

ISBN 978-7-121-28263-8

I. ①大… II. ①胡… III. ①海战—作战指挥系统—信息系统—研究 IV. ①E843

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 044405 号

策划编辑:张楠

责任编辑:谭丽莎

印刷:

装订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本:720×1 000 1/16 印张:11.5 字数:212 千字

版次:2016 年 3 月第 1 版

印次:2016 年 3 月第 1 次印刷

印数:1 500 册 定价:48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltts@phei.com.cn](mailto:zltts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线:(010) 88258888。

# 代序

21 世纪，一股夹风带雨的“大数据浪潮”汹涌澎湃而来，掀起了新世纪的狂潮。举目四望，天上星机、地下轨道、海上舰船油井、地面厂房电站、交通枢纽、仓储物流、办公会议……电视、电话、移动宽带、网络硬盘、光驱、微博、Twitter、搜索引擎等争先恐后，越来越多的传感器、移动终端接入互联网；云计算、物联网、电子商务、虚拟社区遍布发展，开启了这个世界信息爆炸后数据快速增长的闸门，大数据时代已经到来。

大数据起源于商业、互联网和金融。大数据“以一种前所未有的方式，通过对海量数据进行分析，获得有巨大价值的产品和服务，或深刻的洞见”。随着大数据的发展，大数据像材料和能源一样成为一种战略资源，日益受到人们广泛的关注。如何利用大数据发掘知识、促进创新、提升效益，使其为国防安全、政府管理、企业决策乃至为个人生活服务，是大数据技术追求的目标。2012 年 3 月 29 日，美国奥巴马政府在白宫网站上发布了《大数据研究与发展倡议》，并正式成立“大数据高级指导小组”，标志着美国政府开始把应对大数据技术革命带来的机遇和挑战提到了国家战略层面。随后，美国国家科学基金会（NSF）、国家卫生研究院（NIH）、国防部（DOD）、能源部（DOE）、国防部高级研究局（DARPA）、地质勘探局（USGS）6 个联邦部门和机构承诺投入超过 2 亿美元的资金，用于研发“从海量数据信息中获取知识所必需的工具和智能”。2012 年 5 月，我国在北京召开了“大数据科学与工程——一门新兴交叉学科”第 424 次香山科学会议。这是我国第一个以“大数据”为主题的重大科学工作会议，中国计算机学会、通信学会分别成立了“大数据专家委员会”，并于 2012 年年底在中关村成立了相应的大数据产业联盟。

目前，大数据在商业、金融、社会管理、智慧城市、智能交通、疾病预防等领域得到了广泛的应用，取得了显著的成就。在国防军事领域，自 20 世纪 50 年代美军成功研制 SAGE 半自动化防空指挥控制系统以来，指挥信息系统发展迅速。从最初的  $C^2$  系统，逐步发展到  $C^3$  系统、 $C^3I$  系统、 $C^4I$  系统、 $C^4ISR$  系统和  $C^4KISR$  系统。

指挥与控制由 20 世纪 50 年代以指挥为中心发展到 60、70 年代以通信和情报为中心，80、90 年代以一体化 C<sup>4</sup>ISR 为中心，并于 20 世纪末开始在信息基础层面建立全球信息栅格 GIG，试图通过层次化和开放的作战体系结构收集、处理、存储、分发各种情报、信息和数据，以高效地向全球各地作战人员、决策人员和后勤保障人员提供情报、信息和数据，夺取作战优势。在这一连串嬗变过程中，反映了信息爆炸后大数据时代，传统指挥与控制所面临的信息量急剧增长、信息种类繁多、实时处理要求提高等重大挑战。在海洋，事务的国际化和海洋行动固有的敏感性决定着海洋行动绝不仅仅是军事行动。海洋行动需要提升对国际形势、世界和平、国内外政治、经济、文化和舆论的广泛关注，需要维持国际组织、非政府组织、社会组织与军队之间广泛的互动交流和信息共享水平。云计算、大数据等新型的制信息权方式上升成为当前国家层面指挥控制行动的关键。信息处理速度、目标态势获取时间、获取知识的能力和高层次决策水平及其快速响应程度决定着各种现实行动的成败。以美国为首的世界海洋大国正在不断加强和拓展信息融合、任务指挥辅助决策和人工智能等重点领域的发展，围绕“大数据”进行战场指挥信息系统建设，加快诸信息的利用和流转，发展“从数据到决策”的能力体系。“大数据”这一互联网领域的研究热点开始延伸到海洋行动和安全军事领域。指挥与控制开始转向“以数据（知识）为中心”，即大数据指挥与控制。

情报、预测、决策、评估，大数据推动着一切；从局域的因果关系到广域的相关关系，大数据蕴含着这个世界所有的知识和结构。大数据将因果关系纳入相关关系之中，因果关系和相关关系在客观物质世界和客观知识世界相互结合。在信息、数据贫乏的时代，人类的指挥控制主要是从有限的信息、数据，通过抽象建立大模型（如各种物体运动模型、作战指挥模型）来进行的。在信息化充分发展的大数据时代，人类开始有条件直接从大数据中得到知识，实施指挥控制。大数据改变了人类的思维模式。大数据有什么用，有多大用？关键看你怎么认识它，怎么应用它！迄今为止，人类的认识和实践，几乎可以归结为数据的搜索、处理、挖掘和创新！本书第一次较为全面、系统地将大数据和海上指挥控制连接起来，从客观知识的角度诠释了现代指挥控制的概念、内涵和本质，分析了几种典型的海上大数据指挥与控制行动及其大数据，针对大数据时代海上联合作战、战场管理、火力控制、应急救援等海上军事和非军事行动指挥控制提出了大数据指挥与控制平台架构，阐述了大数据处理的内容和方式，进而论述了有关的大数据指挥活动、指挥体制、云作战



组织及其控制机构。基于“三个世界”理论，本书将情报、信息和数据从客观物质世界独立出来，成为客观知识世界的组成部分。根据这种认识，大数据不再从属于客观物质世界。大数据一经产生就属于客观知识世界，具有客观性、自主性和相对独立性，对指挥与控制就不仅仅是辅助指挥控制与决策，而是客观物质世界指挥与控制必然的主体；人、各类系统、平台及设备只是指挥与控制的执行者，这样就把对大数据的认识提高到了一个新的层次，有助于深化对大数据时代指挥与控制的认知。对于传统的信息融合，大数据信息融合不只是数据范围扩大的信息融合，还上升到了广域的客观知识世界的智能层次和领域。最后，本书还总结了未来指挥与控制的发展趋势，提出了实施大数据指挥与控制的对策和建议。这些都显示了本书的特色和研究成果。

计算资源的集中化和虚拟化，任务系统的服务化是现代各种应用系统的发展趋势。从软件即服务（SaaS）、平台即服务（PaaS）到基础设施即服务（IaaS），大数据指挥与控制，特别是移动、复杂对抗环境下大数据指挥与控制的基础还比较薄弱。互操作问题，网络实时、带宽、可靠、安全问题，单一云环境下建设多层次密级网络域目前在技术上还很棘手。大数据产品、网络平台、系统终端和用户不断分离是指挥控制系统的发展趋势，基于大数据的指挥控制体系构建是一个不断发展的过程。其中，包括构建指挥信息系统的大数据生态、创新基于社会-技术网络的新型能力体系架构、云际互操作，以及针对突发、时敏等大数据处理和分析技术还需要进一步深化研究。



# 前言

## 《《《《 PREFACE

世界的本质是数据。世界正进入“大数据”时代。“大数据商业应用第一人”Viktor Mayer-Schönberger 断言：大数据将开启一次新的重大时代转型。

实际上，数据与生俱来。伴随着自然的产生和人类活动，各种数据就产生了。只不过在人类活动的中早期，自然和人类产生的数据还没有多到人类无法掌握的程度，还没有发展到足以改变人类固有局域思维的地步。尽管如此，数据对人类的活动还是起着重要的作用。譬如人类利用过去数百年乃至数千年积累的气象数据用于预报某个地方将来的天气。毕竟，知识的功能是认识世界。根据卡尔·波普尔（K. Popper, 1902—1994）“三个世界”的理论<sup>①</sup>，数据一旦产生，就将成为客观物质世界（世界 1）、主观精神世界（世界 2）之外的客观知识世界（世界 3）及其存在物，并将在“世界 3”里按照自身指数发展的逻辑增长，具有客观性、自主性和实在性，并以其独特的主体性对其之外的客观物质世界和主观精神世界具有越来越大的作用。自 20 世纪 70 年代以来，随着以信息技术为先导的现代高新技术的快速发展及以前所未有的广度和深度向各个自由王国和必然王国的扩展和深入，人类社会产生和获取的各种数据和信息以排山倒海之势汹涌而来。围绕个体和人类集体组织行为，一个与物质世界平行的数字世界开始形成并发展壮大，并产生了空前的作用和影响。知识爆炸的大数据时代已经到来。这就是大数据时代。

数据是一种资源。掌握资源就掌握优势。如何掌握资源，把握大数据？大数据处理和应用是关键。大数据从相关性出发，分析广泛、多元的全源数据，快速高质量地获取所需的、相关的、足以应用的各种数据、知识和关联的特征信息，挖掘数据背后的知识。这就是大数据技术，以及运用大数据的手段和方法。在过去的工业

---

① 卡尔·波普尔·舒炜光，等，译，客观知识——一个进化论的研究[M]，上海：上海译文出版社，1987：163-172.

时代，人们依据局部数据、抽样数据和片面数据，甚至仅仅依赖经验、理论假设和价值观去发现未知领域的知识和规律，采取行动或指导行动。这往往是简单的、肤浅的、人为的和扭曲的。随着信息时代数据获取与计算机处理技术的不断发展及移动互联网的广泛应用，人类第一次有机会和条件在商业、金融、工程、医疗、社会管理、科研等许多领域和非常深的层次获取和使用全面数据、完整数据和系统数据，全面、深入地直接探索发现现实世界未知的规律和知识，得到过去无法企及的机会。而人类掌握和应用这些数据的激情也与日俱增。“云计算”既是一种新型集中式、Web化的并行计算模式，也是一种可伸缩、高效、灵活的信息和IT服务交付与运营模式，以其分布式处理架构支持许可设备在任何时间、任何地点随需访问海量信息，获取知识。相应的大数据跨界创新课题更是被提上日程，并被广泛应用于政治、经济、军事和工程等诸多领域。2012年3月，美国联邦政府出台“21世纪大数据研究和行动计划”政策文件，提出在信息大爆炸背景下海量数据及其相关技术“已经带来一场革命”，强调必须提高自身从海量数据中获取知识和价值的能力，以巩固在军事、情报、科技、工程、教育等领域的领先地位。

海洋行动是人类社会活动的一个重要领域。21世纪的海洋是数据爆炸的海洋。现代海上指挥与控制则是包括复杂的地缘政治关系，军事和非军事活动，高科技，系统体系对抗，气象、地理、水文知识等在内的人类组织活动。无论是平常的海洋环境监测、海洋勘探、海上巡航维权，还是战时掌握敌人的军事企图，发现并打击敌人关键的作战节点和平台，进行效果评估，查找并追踪重点目标，以及进行战场管理、海上航运保护和应急救援行动，都面临着信息爆炸而知识匮乏的困境。其数据处理内容、复杂程度、广度和宽度也超越了以往任何时期的海洋行动。现有指挥与控制概念和理论反映了工业时代或信息化时代前期人们对于指挥与控制的认知。指挥，主要依靠情报、信息和有限的信息，通过人脑及其现代科技的延伸物——计算机和各种辅助决策系统实施指挥；控制，主要是通过反馈信息执行技战术面的规定。应该说，这基本满足了工业时代和半信息化时代人们指挥与控制行动的需求。在海洋、陆地和空中，代表性成果是各种指挥控制行动职能机构的设置及与之匹配的各执行部门的不同层次的C<sup>2</sup>组织设计，如装备在各类海洋行动平台上的指挥控制系统、编队指挥控制系统、区域指挥控制系统和国家层面的战略指挥控制系统。21世纪海洋是一个充斥行动、数据和知识的海洋。海、陆、空、天、电、网络，电子侦察、人工情报、国际国内政治军事情报、舆情情报、气象地理水文数据、历史信

息等，涌现了海量的数据；现代作战理论的创新、各种高精尖装备的使用，多种指挥方式的交叉运用，多维空间行动和海洋态势产生了巨大的信息和数据。如何细分战场、创新作战模式？如何利用大数据实施海上指挥与控制，或者说在大数据的海洋如何进行指挥与控制？自 20 世纪 90 年代以来，新一轮以消除各领域、多军兵种“烟囱式” $C^2$  组织的“互连、互通和互操作”的重构高潮兴起，但难以克服的问题仍然出现，诸如：即使装备有最先进的  $C^2$  系统，扁平化边缘组织体系对抗在行动中依然难以实现，传统的权威主义和战场英雄主义——最高决策者及其建立的层级指挥体制依旧驾驭战争和其他各种行动；现代无人作战系统和平台广泛投入战场行动后，其行动和有人平台能否实现自主同步？多大程度上能实现自主？如何实现优势自主？战术层面的局部控制往往阻止不了整体战略层面偏离的趋势；在信息处理和获取上，信息的广泛获取并没有带来所期望的信息优势，有时反而造成了决策劣势，等等。<sup>②</sup> 在海上，已有的指挥与控制系统不能响应，以致不能应对这种变化，更难以适应这个时代有针对性地提供指挥控制决策。如何理解和应用大数据？大数据为现代指挥与控制的发展和效能的提升提供了历史性的机遇。大数据在宏观层面使得海上指挥与控制变成大数据的指挥与控制；作战云使现代海上作战演变为利用数据的战争；现代战争成为利用数据打仗；海上应急救援变成利用数据的行动。

从海量数据中发现知识，寻找隐藏在大数据中的模式、趋势和相关性，揭示各种社会现象和社会发展规律，以及可能的应用前景，迫切需要人类具有更好的数据洞察力。大数据分析技术使人们从对因果关系的渴求转向关注相关关系，可以提供更多的预测、对策、精确和可能，甚至可以透视结果。这是对人类思维方式的深刻变革。因果关系通向“金字塔”的建造，而相关关系通向扁平化的实现。大数据由此带来对世界的重新认识，不是在古希腊的阿波罗神庙，而是在小世界网络中认识自我。

但是，大数据并不是对所有人都是平等的。掌握大数据的人占有优势，没有或缺少大数据的人将可能采用虚假或极端的恐怖行动。特别是在具有博弈性和竞争性的行动中更是如此，譬如大量的“灌水”和投机欺诈行为。尽管如此，隐私的信息和数据应该得到保护而不是滥用。数字世界应该有数字世界的公平、正义和规则。如果在数字世界，虚拟的行动可以得到值得确信的结果，则物理世界的行动可以提前展开或尽早结束。

---

② 孙强，阳东升，张维明.  $C^2$  及相关概念术语的起源与演化[J]. 火力与指挥控制，2014，36（2）：1-5.



# 目录

## CONTENTS

第 1 章	21 世纪海洋形势及其大数据特征 .....	(1)
1.1	21 世纪海洋形势 .....	(1)
1.2	21 世纪海洋的大数据特征 .....	(11)
1.2.1	大数据的概念、内涵和特点 .....	(11)
1.2.2	21 世纪海洋大数据特征 .....	(16)
1.3	大数据在海洋行动中的作用 .....	(22)
1.3.1	海上大数据的类型 .....	(22)
1.3.2	大数据在海洋行动中的主要作用 .....	(24)
第 2 章	海上大数据指挥与控制行动的本质内容和组织形态 .....	(28)
2.1	大数据时代海上行动的主要特点 .....	(29)
2.2	海上大数据指挥与控制行动的本质内容 .....	(34)
2.2.1	大数据指挥与控制本体论 .....	(35)
2.2.2	海上大数据指挥与控制行动的内容 .....	(40)
2.3	海上行动指挥与控制的组织形态 .....	(43)
2.3.1	海上行动的主要组织形式 .....	(44)
2.3.2	一体化联合行动网络 .....	(50)
2.4	典型的海上大数据指挥与控制行动 .....	(54)
2.4.1	防空反导作战 .....	(55)
2.4.2	封锁与反封锁行动 .....	(57)
2.4.3	登陆与反登陆作战 .....	(59)
2.4.4	反潜驱潜行动 .....	(61)

2.4.5	护航与反海盗行动·····	(64)
2.4.6	海上应急救援指挥·····	(65)
<b>第3章</b>	<b>云计算和海上大数据联合作战指挥·····</b>	<b>(67)</b>
3.1	云计算·····	(67)
3.1.1	“云”概念·····	(68)
3.1.2	云计算模型·····	(70)
3.2	基于云计算的海上大数据联合作战平台架构·····	(72)
3.2.1	海上大数据联合作战体系功能模型·····	(72)
3.2.2	海上大数据云计算联合作战系统平台框架·····	(77)
3.2.3	关键技术·····	(91)
3.3	以数据为中心的海上大数据作战指挥活动与指挥控制机构·····	(95)
3.3.1	海上大数据作战指挥领域·····	(95)
3.3.2	以数据为中心的海上大数据作战指挥活动内容·····	(101)
3.3.3	扁平化大数据指挥控制机构·····	(103)
3.4	面向服务的大数据处理方式及服务机制·····	(108)
3.4.1	海上大数据的应用处理方式·····	(108)
3.4.2	服务机制·····	(114)
<b>第4章</b>	<b>基于大数据的海战场管理与精确火力控制·····</b>	<b>(120)</b>
4.1	作战时空和海战场管理·····	(120)
4.1.1	作战时空的概念与海战场空间管理·····	(121)
4.1.2	海战场资源管理·····	(130)
4.2	“网火”和精确打击控制·····	(131)
4.2.1	大数据“云”火力控制系统·····	(132)
4.2.2	大数据与精确打击·····	(142)
4.3	战场评估·····	(145)
<b>第5章</b>	<b>大数据和海上应急救援指挥控制·····</b>	<b>(147)</b>
5.1	概述·····	(147)
5.2	海上应急救援的主要内容和特点·····	(148)



5.2.1 海上应急救援的主要内容..... (149)

5.2.2 海上应急救援的特点..... (151)

5.3 基于大数据的海上应急救援指挥控制..... (151)

5.3.1 海上应急救援应具备的能力..... (152)

5.3.2 海上应急救援指挥控制机构与指挥控制流程..... (153)

5.3.3 海上应急救援大数据保障与通信指挥控制..... (155)

5.3.4 海上大数据应急救援指挥控制系统的组成..... (158)

第 6 章 未来趋势和发展..... (161)

参考文献..... (166)

后记..... (168)



# 第1章

## 21世纪海洋形势及其大数据特征

21 世纪，人类除了进一步向太空、网络和信息空间掘进之外，海洋是人类重要的发展领域。随着海洋技术的发展、海洋资源的新发现，以及海洋固有的国际战略价值和通道作用使得 21 世纪人类海洋活动的内容不断升级，范围不断扩展，呈现出广泛、多维、复杂、高技术态势。

从海洋活动信息和数据的产生、堆积、处理和应用看，21 世纪水下、海上、空中和太空情报、信息和数据正以前所未有的速度快速增长，显示出新世纪海洋海量的大数据特征。大数据在各种海洋行动中发挥着越来越大的作用。海洋领域的大数据时代已经到来。

### 1.1 21 世纪海洋形势

在深邃浩瀚的宇宙，地球是亿万万个天体中的一个非常特别的星球。山河湖海，水陆相生。海洋占据了这个世界 7/10 的面积，孕育了生命和人类文明。从浩瀚的宇宙俯瞰地球，大片的水体相互连通构成统一的世界海洋，占地球表面积的 70.89%。陆地只占这个星球表面积的 29.11%。这些巨大的水体包括广袤的太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋。其中太平洋是最大的洋，周边由亚洲大陆、美洲大陆、澳洲和南极洲围拢而成。在四大洋的边缘地区，分布着大大小小 54 个海，有些海属于海中之海，如地中海沿岸的许多海就是这样。在太平洋区域，由北向南依次分布有白令海、鄂霍次克海、日本海、渤海、黄海、东海、南中国海、苏禄海、珊瑚海等 28 个海。珊瑚海面积为 479 万平方千米，既是太平洋面积最大的海，也是世界上面积



最大的海；其次是南中国海，面积为 360 万平方千米。无垠的海洋通过岛屿、水道和海峡<sup>①</sup>将地球 7 大洲连成一体。

广阔的海洋与人类的生存发展息息相关。自古以来，人类就在海边结网捕鱼、繁衍生息。1891 年在印度尼西亚爪哇岛上发现的类人猿化石表明，人类至少在石器时代就在海边活动。人类栖水而居，丰富的渔业水产和食用盐藻滋养着沿海的居民，沿海航运贸易促进了当地工商业的发展，逐渐形成集市和最早的濒海城镇。根据文字和史料，地中海东海岸的杰里科（Jericho）极可能是人类最早连续居住的濒海城市。由于杰里科有充足的水源，而且位于死海北岸至地中海与加利利至耶路撒冷两条路线之间，因此手工业和商业均十分发达，被称为“棕榈树之城”。随着航海技术的发展和人类社会的进步，人们开始从获取海洋资源到以海洋为载体，进行远距离航海、探险和贸易。唐宋时期，有阿拉伯商人远渡重洋进入中国东南沿海地区。15—17 世纪，世界各地，特别是在西欧掀起了一场声势浩大的跨洋航海运动。1492 年，意大利探险家 Christopher Columbus 率先横渡大西洋，最后发现了美洲“新大陆”；1497 年，葡萄牙航海家 Vasco da Gama 南下非洲绕过好望角首次到达印度洋；1518 年，航海家 Fernando de Magallanes 则经由关岛开辟了太平洋航线。大航海开启了全球海洋时代的新纪元，史称“大航海时代”。由此，从欧洲到北美，从红海、阿拉伯海，经孟加拉湾至中国南海，众多的海上航线成为人类航运、贸易的交通要道。此后，海上贸易和海上航运一直以其独有的优势促进着世界经济、文化和工商业的发展与繁荣。“海洋不再是阻隔人类交往的障碍，而是一条将不同国家和地区连成一体的金光大道，从而迎来了人类海洋文明和海洋活动的巨变。”<sup>②</sup> 经大航海时代的开辟，整个欧洲快速发展并奠定了此后超越亚洲繁荣的基础。但同时，海洋也不再是只有涛声的单弦乐，而是交织着螺旋桨和机器轰鸣，直至枪炮声的交响曲。葡萄牙、西班牙、荷兰、法国和英帝国相继竞逐海上贸易、殖民地和海洋霸权。中国则在秦汉时期开始出现航海活动。史料记载，最晚在汉代，中国人在南中国海首先发现了南海诸岛，并以“涨海”之名泛称整个中国南海。至隋唐两代，中国人进入南海的生产经营活动范围已远至西沙群岛。在东海岸，隋炀帝曾派使臣朱宽召台湾和钓鱼岛附近的琉球国归顺。14 世纪，琉球王正式进贡明王朝，成为中国的藩属国。1372 年，中国人杨载首先驻足钓鱼岛。明永乐年间出版的《顺风

① 包括天然海峡和人工海峡。

② 刘一建. 制海权与海军战略[M]. 北京：国防大学出版社，2000.

相送》明确记载：“北风东涌开洋，用甲卯取彭佳山。用甲卯及单卯取钓鱼屿。南风东涌放洋，用乙辰针取小琉球（今台湾）头，至彭家、花瓶屿在内。正南风梅花开洋，用乙辰针取小琉球。用单乙取钓鱼屿南边，用卯针取赤坎屿。”表明中国至少在 14、15 世纪已发现并命名了钓鱼岛。中国大规模的航海和贸易始于 1405 年开始的郑和下西洋。公元 1405 年，大明七宝太监郑和首次率领庞大的船队远下西洋，其后七下西洋曾远至非洲东海岸和红海岸。这些远洋活动促进了东西方文化、物质的交流，直至郑和去世，明朝晚期宣布禁海为止。

以航运贸易为代表的人类海洋活动促进了世界经济的发展，给工业国带来了巨大的财富，形成了众多的港口、滨海城市和沿海经济中心。现今，全球已有超过 60% 的人口和几乎所有的经济贸易中心都位于濒海地区。世界海洋形势则是随着人类对海洋资源的开发、海上贸易的不断发展和国家权益扩张形成的。近代以来，由于工业化社会的发展，以钢铁、石油、煤、天然气为代表的人类物质能源消耗急剧攀升，陆地资源日益匮乏。海洋除了具有丰富的渔业水产资源外，还有其他极其丰富的资源可以开发利用。据不完全统计，海底油气资源占全球油气资源总量的 1/3 以上；各种海底多金属结核、多金属软泥、钴结核、锰结核等储量巨大。以海底多金属结核矿为例，有专家估计其总量可达 3 万多亿吨，其中含锰 4000 亿吨，镍 164 亿吨，铜 88 亿吨，钴 58 亿吨。此外，还有潮汐能、温差能及其他资源可供利用。战略上，海洋资源的丰富性和地球总体资源的有限性决定着国家间竞争的永恒性。同时，海洋作为世界航运及战时远距离兵力投射的战略通道更是居于不可替代的位置。以岛礁归属、领海基线划分为焦点的海洋权益内含着国家的长远发展与国家安全。美国海军战略学家和历史学家 A.T.马汉（1840—1914）认为，海权与世界大国的命运休戚与共。在考察过去 300 年来西班牙、葡萄牙、荷兰、英和法国兴衰历史的基础上，马汉强调指出：要想成为大国必须拥有海权。“谁控制了海洋，谁就控制了世界，世界权力的重心也就会集中在那些拥有海洋并控制海洋的国家手里。”根据马汉的观点，殖民时代的商业贸易与竞争和国家扩张性之间的联系使武装冲突成为规律。19 世纪末 20 世纪初，英、法、德、日、美等世界大国就海外殖民地和关键海区与通道的控制权展开了激烈的争夺。从大西洋到太平洋，从直布罗陀海峡到马六甲海峡，从第一次世界大战到第二次世界大战，海洋均为重要的战场。第二次世界大战结束后，以苏联为首的“华约”和以美国为首的“北约”两大阵营展开了对峙。这一段时期，全球海上和陆上的地缘政治态势处于相对制衡



的均势。

冷战结束后，两极体制崩解。一超多强，世界多极化在曲折中向前发展。尽管各国科技经济发展和地区战略力量发展并不平衡，但这并不影响全球和地区海洋国家的发展战略定位，追求利益的强大动力使得各国对海洋价值的认识进一步提升。岛礁主权争端、海洋权益划分、海洋资源争夺及地缘战略博弈成为 21 世纪新的“四位一体”国家海权战略要素<sup>③</sup>。在大陆的边上、海洋的深处，各国的海洋活动空前广泛、活跃。从日益升级的渔权纠纷、资源开采，到激烈的外交争执、海上冲突和军事演习，时而风声乍起，时而归于平静，波谲云诡。21 世纪的海洋呈现出人类活动升级、加剧，海洋争端激化、地缘政治形势复杂化等特点。

### 1. 人类开发应用海洋的活动升级、内容扩大、程度加深

海洋既是生命的摇篮，也是世界经济发展的摇篮。海洋蕴藏着极其丰富的资源，是人类进一步发展的源泉。截至目前，“人类已经发现并记录的海洋生物约有 20 万种，科学家估计但尚未查明的深海物种大约还有 1000 万种；海洋中可供捕捞的生物资源每年有 2 亿多吨，海产动物蛋白超过陆地牛、羊、家禽和蛋类的总量；世界石油的 27%~45% 储存于海洋中；海底多金属结核、多金属软泥、钴结核、锰结核等资源量十分巨大；海水本身也是巨大的液体矿，囊括 80 余种化学元素，其中仅食盐含量就达 4 亿亿吨；海洋的潮汐能、波浪能、温差能、海流能、盐差能等被称为 21 世纪的新能源，总蕴储量在 30 亿千瓦以上；海洋中的水资源更是人类水资源的最后保障。”<sup>④</sup> 随着海洋技术的发展和人类对海洋的不断认识，人类的海洋开发活动不断深入，范围空前扩大。从近海到远海、从浅海到深海，人类日益频繁地在全球海域从事各类海洋勘探、测绘、采掘、养殖等开发利用活动。凭借先进的全球卫星导航技术和日益发达的深海探测技术，人类已可以全天候抵达全球任何一个海域从事各类海洋活动。人类的活动范围、内容和海洋的开发利用程度已经远远超越了大航海时代。海上航线遍布世界，包括大西洋航线、大西洋-印度洋航线、太平洋航线和太平洋-印度洋航线。在深海，继 1928 年世界上第一台深海探测装置诞生以来，美、日、巴西、俄罗斯、英、法、德、中等世界海洋大国在深海领域展开了激烈的竞争。以美国的“Alvin”号 and 中国的“蛟龙”号深海探测器为例，现今人类的下潜深度已达万米以下，可至全球 99% 的海底执行广泛的环境调查、资源勘

③ 相对于“殖民地、海外市场、贸易和航运”旧的四大要素而言。

④ 韩增林，张耀光，栾维新. 关于海洋经济地理学发展与展望[J]. 人文地理，2001（5）：89-92，96.

探、样本和数据采集、抢险、救生、修理、摄影等作业任务。

特别是当代以来,随着地区和全球海洋强国的国家发展战略定位,沿海大国纷纷将本国发展的目标瞄向了海洋,人类开发利用海洋的活动不断升级。从原料资源的简单获取到对海洋资源的深度发掘和加工利用,人类开发应用海洋的活动内容不断扩展,程度加深。在沿海,各国开发海洋油气和矿产资源等的活动风起云涌。仅西太平洋沿岸,从东海、南中国海、暹罗湾到塔斯曼海区就有日本、越南、中国大陆、印度尼西亚、马来西亚、文莱等国在进行不同深度的海底油气开采和矿藏勘探活动。当前,在全世界所有发现可采油气和矿藏的海域,都开始有了人类活动。据不完全统计,人类已在全球近海和深海开采了 1600 多个油气田。除了油气矿藏开采和传统的海洋捕捞、水产养殖、盐业之外,人类还创造性地在全球海洋对海洋资源进行深度开发和综合利用,进行内容广泛的深海采掘、海水淡化、氦元素提取、海上放牧、海上城建、海洋观光、潮汐能发电、风力发电、海洋考古等活动。在人类最后的大洋处女地——北冰洋,近年来,美、俄、加拿大、挪威等北极圈周边国家相继进行资源勘探和发掘,并划分自己的领地。其他地区的国家则纷纷举起国际海洋法,诉求属于自己的权益。

为了实现海洋经济和战略目标,沿海各国还不断强化海洋研究、开发应用和执法的力度,纷纷建立自己的海洋开发与学术研究机构;强化海洋行政管理机关,建立海岸警卫队;在濒海修建、扩建港口,增建集市码头,扩建修造船厂;在沿海大肆填海造陆,扩大岛礁面积,改造海岸线,修凿海峡、运河。

20 世纪中叶以来,由于全球经济一体化和区位化进一步深化,包括石油、铁矿石等在内的原材料进出口,电子电器、汽车、钢铁、鞋帽等各类工业制成品和日常生活用品的贸易使得 21 世纪的海洋贸易和航运活动更加频繁。在亚洲,仅通过南中国海和马六甲海峡的船只每年就多达 8 万艘。在欧洲,每年往来英吉利-多佛尔海峡的船只超过 15 万艘。繁忙的海运和人员物资往来进一步加深了 21 世纪人类开发、利用海洋的活动程度。

## 2. 海洋权益和领土争端趋于激化,地缘政治军事复杂化

海洋与人类的生存发展密切相关,这既包括人类对海洋的认识和利用,也包括利益相关国因海洋而起的竞争和争夺。海洋是大陆的延伸和由陆向海发展的空间。随着人类认识和驾驭海洋的能力不断提升,人类的各种海洋活动和海上行动往往直接关系到一个国家的海洋权益、海洋发展战略,涉及周边相关国家和地区的海洋权



益和安全，地缘政治军事敏感，因而成为各方关注的焦点。大航海时代，伴随着新航线的开辟和海上贸易，不同大陆和国家经由海上和陆上贸易开始紧密联系在一起。海外土地、财富和人口的巨大吸引力使得最先通过大航海发展起来的国家走上了由贸易而殖民的对外侵略扩张道路，由此拉开了全球海洋权益和海外领土争夺的大幕。

17、18 世纪，欧洲爆发了以蒸汽机为代表的第一次工业革命。以蒸汽机的广泛使用为标志的第一次大工业革命彻底改变了传统社会生产方式的面貌，蒸汽动力超过了水力、风力和畜力，广泛应用于纺织、冶金、采矿、船舶、铁路等行业，极大地推动了欧洲各个工业部门的发展。从此，欧洲成为世界经济和工业的中心。在海上，大工业革命加快了大航海时代以来全球航运、海上贸易和列强对外侵略扩张的步伐。葡萄牙、西班牙、英、法国相继前往世界各个角落展开了对全球财富、领土和人口等要素的争夺。由于资本主义发展的不平衡，争夺海外殖民地和世界霸主地位的冲突和战争频繁爆发。率先经由工业革命发展起来的英国通过英西战争、英荷战争、英法战争，取得了控制全球海洋的霸权，在海外建立了庞大的殖民体系，由此确定了“日不落”帝国的地位，直至法国大革命和拿破仑战争爆发，形成英、俄、奥、普鲁士四国把持的“维也纳体系”为止。两次世界大战结束后，以美国的崛起和美苏争霸为标志，全球进入了两极对峙的相对均势格局。1991 年苏联解体，美苏两极对峙的世界均势不复存在，全球进入了所谓“一超领先、多强争霸”的时代。如果说 19 世纪的海洋权益和领土争端主要发生在英、法、荷、西班牙等老牌资本主义国家之间，那么冷战期间，地缘政治和对全球海洋和战略通道的控制则主要是在美苏两大阵营对抗的框架之下。共同的社会制度和同一个阵营暂时掩盖了各自内部对海洋权益的争夺。冷战结束后，缺乏两大阵营对峙的世界开始了“一超多强”的国际竞争。社会制度和国际主义意识形态的思维开始让位于最为现实的国家民族利益。地缘政治和地域政治关系突出表现为现代国际关系格局中的主要矛盾。与过去强权国家赤裸裸地对海洋战略权益的排他性掠夺和控制不同的是，现代全球紧密联系在一起，各国的发展和竞争强调的是综合国力的发展和竞争。与此相伴的是，大国间相互竞逐地区和世界的主导权与控制权。海洋，攸关各国的战略纵深和海洋权益；平时是海上运输的战略通道，战时则为海上行动的战略要道。丰富的海洋资源对陆地资源日益匮乏的国家和地区具有更大的吸引力，各利益攸关方无不虎视眈眈，不约而同地将目光投向海洋。目前，全球已有 100 多个国家把开发利用海洋作为自身发展的基本国策。全球海洋权益的划分和海洋开发步伐加快，矛盾也日



益显现。1994 年 11 月 16 日,《联合国海洋法公约》的生效进一步催化了沿海国家通过领海、大陆架、毗连区和海洋专属经济区对相关区域海洋权益的争夺。由于各国政治经济力量发展的不平衡,现有的国际秩序和旧的国际格局已不完全适应全球力量对比的变化。各种新的、老的,历史的、现实的,区域内的、区域外的海洋权益和领土纠纷在新的环境和形势下趋于激化。从中东、波斯湾地区、索马里海域,到西太平洋沿岸、加勒比海,乃至北冰洋,不是世界热点地区,就是敏感区域。地缘政治复杂化:一方面,发展中海洋国家维护自身海洋权益的活动高涨;另一方面,一些大国出于自身的海洋战略利益和主导权着手强化干预/争夺相关的岛礁和海洋权益。毫无疑问,这种海洋权益的争夺伴随着某些领土和历史问题激化了现有的地缘政治形势。在全球海洋战略和海洋权益的争夺中,海上战略通道一直居于最为突出的地位。<sup>⑤</sup> 20 世纪中叶,为了控制连接亚非与欧洲的海上战略要道苏伊士运河,1956 年 8 月 2 日,英、法、美三国公然发表苏伊士运河“国际化”公报,在遭埃及拒绝后,英、法悍然出兵埃及,以战争手段夺取苏伊士运河的控制权;在欧洲,为了掌握黑海,确保自己在欧洲的战略纵深及黑海至地中海的战略通道,2014 年 3 月,俄罗斯不惜用武力从乌克兰手中巧夺了黑海门户克里米亚半岛,划要地塞瓦斯托波尔港为已有。在北冰洋,由于潜藏的巨大资源和可能形成的环球航道,近年来,加拿大、俄罗斯、冰岛等北极圈国家纷纷提出北冰洋的领土和海洋主权。

21 世纪,由于环太平洋经济圈的崛起,世界政治经济的重心由欧洲开始转向亚洲,由大西洋地区转向太平洋区域。在环太平洋区域,中、俄、巴西、印度是世界经济发展最快和最有潜力的四大金砖国,同时集中了美、中、日 GDP 位于世界前三的国家。由于海洋固有的疆界权益和海上战略通道作用与各海洋权益攸关方的各种行动及复杂的地缘政治关系密切地联系在一起,因而这一区域又是地缘政治关系极为复杂的地区。特别是在西太平洋区域,关系并集中了中、日、韩、美、俄、东盟等多方利益,牵扯印、澳等利益相关国,分布着北到北令海峡、南至印度尼西亚群岛、西通马六甲海峡、东达马里亚纳群岛的诸多战略要地和战略通道<sup>⑥</sup>,历来为兵家必争之地,国际地缘政治军事极为敏感,而相关国家追求自身利益极大化的结果使得国家和地区间的关系进一步紧张,包括“从日本海以南经澳大利亚到孟加拉

⑤ 梁芳. 海上战略通道论[M]. 北京: 时事出版社, 2011.

⑥ 朝鲜海峡、大隅海峡、宫古海峡、三巴海峡、巽他海峡、望加锡海峡、马六甲海峡等。



湾的广阔水域”成为一个巨大的动荡地带，<sup>⑦</sup>如图 1.1 所示。

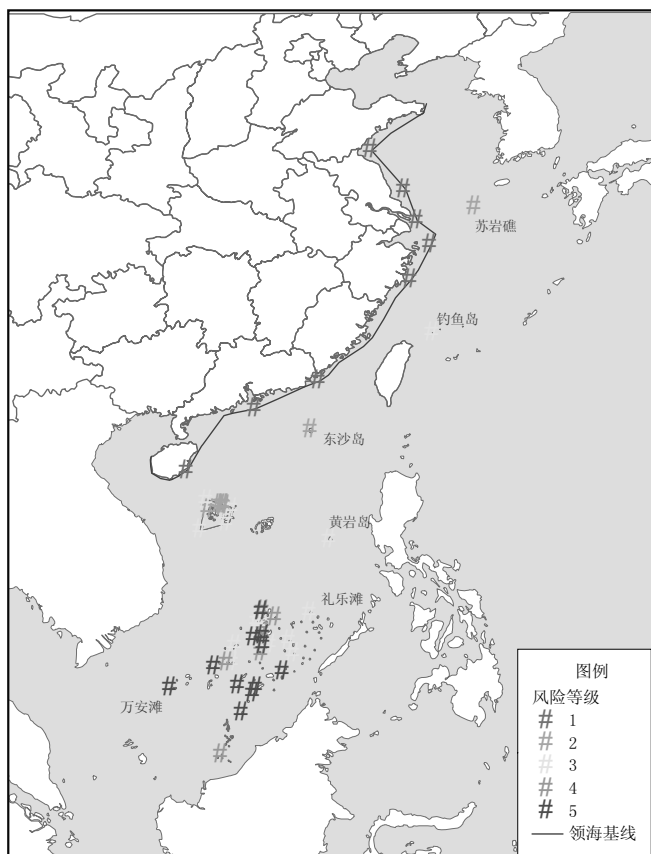


图 1.1 西太平洋沿岸地缘政治形势和海洋争端

西太平洋地区是 20 世纪末以来世界经贸发展最快的地区，也是岛礁、海洋权益争夺最激烈的地区。如图 1.1 所示，在西太平洋，地理分布有朝鲜半岛、东海、中国大陆、日本、台湾海峡、越南、菲律宾、马来西亚、新加坡、南中国海等诸半岛、沿海、大陆、列岛、海峡和水道。中国大陆北面俄罗斯，南临缅甸、越南等南亚和东南亚诸侯，西接中亚哈萨克斯坦等国，东向太平洋，与日本、韩国隔海相望，横跨太平洋与美国本土遥对。改革开放以来，中国大陆取得了令人瞩目的经济成就，2010 年的 GDP 首次超越日本位居世界第二。与此同时，中国大陆对外的依存度也日渐加深，石油、天然气、铁矿石等原材料，乃至大豆、小麦等农副产品都大量依

<sup>⑦</sup> Department of Defense of USA. Quadrennial Defense Review Report[R]. USA: September 30, 2001.

赖进口，工业制成品则大量依靠出口，形成两头在外的经贸格局。历史条件和客观的地理环境决定了中国的进出口贸易主要通过海上完成，见图 1.2。可见，中国大陆的稳定和可持续发展与国家的海洋权益密切相关。其中，黄渤海扼大陆京津之咽喉、台湾则当海陆之要冲，为东南锁钥；台湾海峡为东北亚进入南中国海，经马六甲海峡取道印度洋到达中东的战略通道；其他如宫古海峡、关岛等均为西太平洋战略要道和关键岛礁。从地缘战略看，必须确保钓鱼岛至台湾一线岛屿和海域，保障南海战略资源和西进海上通道的安全与可控，确保海上战略纵深和海洋战略通道的安全，保留东进太平洋的战略纵深。日本在亚洲是除中国之外的另一世界大国。在东北亚，乃至整个环太平洋地缘政治竞争中，中、日围绕历史问题、东海油气田和钓鱼岛问题，纷争和博弈不断。然而，中、日两国一衣带水，技术经济互补性强。和则两利，斗则两伤。在西南太平洋，自 20 世纪 60、70 年代开始，东盟之一的越南就利用其有利的地理条件，一方面在沿海大肆开采油气田，另一方面陆续抢占了南中国海数十个岛礁，设立行政管辖区，并在一些关键岛礁上进行驻军，以彰显其所称的主权。与此同时，东盟的菲律宾、马来西亚等国也纷纷占据了诸多南中国海岛礁，主张自己的南中国海领海主权和权益。



图 1.2 中国的海洋贸易和海洋战略利益示意图

近年来，中、日、韩、越、菲、马来西亚等国出于各自的海洋权益和国家战



略，围绕东海、南中国海等岛礁及相应的渔权、海上油气田纷争合纵连横，争夺激烈，形势变得错综复杂。美国基于自身的全球战略利益，集中部署力量于地缘政治热点和要害资源区域，积极插手东亚和东南亚海域，推行其 21 世纪的“亚洲再平衡”战略：一方面在经济上，极力倡导其亚太 TPP 协议；另一方面在政治军事上，以日、美同盟为基轴，结合韩国、菲律宾、澳大利亚，联手越南、印度等国，构筑所谓东亚/东南亚攻防体系，频繁进行“利剑”、“黎明闪电”、“关键决心”、“乙支自由卫士”、“马拉巴尔”、“对抗北方”、“肩并肩”等双边和多边联合军演。所有这些使得客观形势上，东北亚诸国、东盟各国和美国构成亚太地缘政治的核心区域，澳大利亚、印度、俄罗斯构成核心区域外的紧密相关区域，南美、欧洲和中亚构成外围区域。

21 世纪的地缘政治复杂化，广袤的海洋已成为 21 世纪由海向陆力量和走向远洋力量汇聚并存的一个焦点。特别是西太平洋沿岸各国的海洋权益和领土争端伴随着频繁的军事演习使得海洋形势更加复杂尖锐。卫星监视、飞机巡航、导弹瞄准、舰船游弋、潜艇出动……一时间平静的海洋背后危机四伏。

### 3. 航运保护形势严峻

航运保护是伴随航运和经济贸易的风险应运而生的。海盗（Pirate）是一个有着悠久历史文化的社会现象。公元前 1000 多年，东地中海区域就出现了以盗抢海上货物为生的海盗，后来又在西非海岸、索马里半岛海域、红海和亚丁湾海域，以及东南亚海域等许多地方出现。海盗源于社会经济问题，利益驱动及当地社会的衰败直接导致了海盗行为的发生。这种一本万利的抢劫行为曾经得到当地政府的默许和支持，一度沉寂之后，随着 20 世纪末全球经济的快速发展，海盗这种世界公认的暴力非法行为重新开始活化并激增。在全球各大航线和海上交通要道——西非海岸、索马里半岛附近海域、连接苏伊士运河的红海和亚丁湾一带、孟加拉湾沿岸，以及马六甲海峡和整个东南亚水域，海盗猖獗。2004 年，索马里海域仅发生一两起海盗事件，2005 年骤升为 37 起，2008 年则高达 120 起。2010 年前 8 个月，全球共发生针对船只的海盗和武装劫持事件达 160 起。频繁的海盗事件对世界航运和经济贸易活动造成了严重影响，航运保护形势十分严峻。

我国有 300 多万平方千米的海域。改革开放以来，我国外经贸进出口量连年攀升，外向型经济持续高速发展。随之而来的是面向全球的繁忙的海上运输。目前，我国已与世界 228 个国家和地区建立了商贸关系，远洋船队航行于全球 150 多个国

家和地区的 1200 多个港口之间，航线遍及各大洋。我国集装箱出口居世界第一。如图 1.2 所示，很多海上航线通过海盗活动多发的海峡、岛礁和海域，如马六甲海峡、霍尔木兹海峡、曼德海峡、亚丁湾等重要咽喉要道，反海盗任务相当繁重。

同时，自 20 世纪 80 年代始，全球海洋恐怖主义也开始蔓延。特别是“9·11”事件之后，恐怖主义在发动陆上和空中恐怖行动的同时将目标转向了海上。海洋恐怖主义使用暴力手段，以海上正常航行的船舶、海上钻井平台及海上作业人员等为攻击目标，以实现其特定的政治经济目的。一旦恐怖分子在海上攻击交通运输线、袭击过往船舶、炸毁油轮、瘫痪港口，将极大摧毁各国经济，影响全球的稳定。

此外，海上走私、海上贩毒及贩运人口、海上污染、海上有组织犯罪等也使得海上航运保护面临着额外严重的挑战。

## 1.2 21 世纪海洋的大数据特征

上述海洋形势显示，21 世纪人类的海洋开发和利用活动范围扩大、内容升级、程度加深；地缘政治复杂化，相关国家对海洋权益和领土主权的争端趋于激化，包括海洋监视、海上巡航、海上军演、岛礁保护、海上护航、海上冲突、海上外交等活动不断；应急救援、航运保护形势严峻。

由此，人类的海洋活动大数据，有关的海洋科研生产数据，相应的政治、经济、军事、外交等活动大数据，以及人类海洋活动和军事行动有关的修造船业、钢铁业、仪器仪表装备制造业等信息数据，港航、海关、渔政、边防、相关人员往来等活动大数据以前所未有的速度飞速增长。由于社会的广泛关注，在新闻媒体、互联网上的新闻报道、发帖、讨论产生了大量的信息、情报和数据，显示出 21 世纪海洋突出的大数据特征。

### 1.2.1 大数据的概念、内涵和特点

#### 1. 大数据的概念

世界的本质是数据。在自然界和人类社会，事物总是处于不断的运动变化之中。事物的一切运动、变化时时刻刻都在产生信息，并以物理场、化学变化、机械



运动等各种形式表现出来，并通过声、光、电、数字、符号、色彩、图像、视频等方式为外界所感知。大数据的概念是伴随着现代信息技术的推进，特别是互联网技术的迅速推进而来的。

农业社会和工业化社会，由于人类活动的有限——范围的有限和程度的有限，人类获取和产生的数据是相对有限和“可控使用”的。无论是生产、生活，还是科研，信息和数据还没有广泛交融，相对处于孤岛状态。但当 20 世纪 70 年代末世界范围的信息爆炸之后，情况迅速变化。一股夹风带雨、汹涌澎湃的“大数据浪潮”以排山倒海之势汹涌而来，快速推进。随着人类活动的广泛深入和高新技术的应用与快速发展，天上星机、地下轨道、海上舰船油井、地面机场车站、交通枢纽、电站水库、仓储库房、办公会议……到处都有传感器分布。进入 21 世纪，移动电话、个人计算机、光驱、移动硬盘、宽带、互联网、微博、Twitter、Facebook、搜索引擎、视频等争先恐后，接踵而来；社交网络、电子商务、网络教育、虚拟社区序贯成熟，接连不断。海上、陆上、空中、太空，大数据如同脱缰的野马迅猛来袭。当我们在为 GB 和 TB 这样的大数据惊讶的时候，接踵而来的更是令人生畏的 PB, EB, ZB, …, NB, …随着越来越多的传感器、移动终端接入网络，大数据奔腾在社会、政治、经济、军事、生活的各个领域。移动带宽不断提升，云计算、物联网包罗万象。越来越多的传感器、移动终端接入网络，开启了迅速增长的数据闸门。大数据推动着一切。各种检测、探测、指挥、控制活动，系统设备和设施运行、交通通信使用、社交网络互联、政治经济外交、金融贸易、文体演出等以前所未有的速度产生无穷无尽的数据。这些反映自然界和人类各种活动的消息、数据、信息、情报不断产生、出现并通过互联网交织、融通、汇聚、扩散，汇聚成江湖海洋，呈现出前所未有的弥漫、生长和浩瀚之势，以至于人们使用过去局域化的方法已无法处理。当你单击网页后，各种信息汹涌而来。充斥你耳畔的有无数消息，看到的是各种数据和现象，21 世纪全球已进入数据爆炸的时代。这既是一个大数据的概念，也是一个大数据的时代。纷繁复杂的大数据充斥这个世界，反映并体现着这个世界的本质。

目前，人类已可以在不同程度上认识自然与社会：从  $10^{15}$  到  $10^{-15}$ ，从  $10^{18}$  到  $10^{-18}$  甚至更高，都可以看到自然和人类社会的本质或现象。从太空到天空，从陆地到海洋，人们可以从物理的、化学的、生物的不同角度和方面收集这个世界的各种大数据。不管如何，宏观和微观、物理和生化，从不同尺度和不同角度获取的大

数据最终要向一起靠拢,用于认识这个世界的各种现象和活动。对于这个新时代,有人漠视,有人没有意识,有人则预感这是一个新时代,将改变我们的生活、工作和思维。1980 年,世界著名未来学家阿尔文·托夫勒(Alvin Toffler, 1928—)在其名著《第三次浪潮》一书中首次明确提出“大数据”一词,并热情地将大数据讴歌为“第三次浪潮的华彩乐章”。20 世纪 90 年代初,“数据仓库之父”Bill Inmon 一直津津乐道于大数据的概念。2005 年,《无所不包括的数据》一书出版,该书讲述了收集大规模数据会如何改变企业的发展和人们的生活。21 世纪第一个 10 年,“163 大数据”正式成为互联网 IT 行业的流行词汇。至此,大数据的概念基本成型。2011 年 6 月,全球著名咨询公司麦肯锡(McKinsey)全球研究院发布了题为《大数据:下一个创新、竞争和生产力的前沿》的研究报告,正式提出“大数据时代”已经到来,指出当前大数据的规模及其存储容量正在迅速增长,并已渗透到全球各个行业的业务领域中。

## 2. 大数据的内涵

大数据,英文原名 Big Data,直译为“大数据”。数据的含义是“已知”的意思,可以理解为事实,表示对某种事物或现象的描述。字面上,大数据就是数量巨大的数据,或称为海量的数据。实际上,大数据是一个较为抽象的概念,数量巨大仅是大数据特征的一个方面。全球闻名的维基百科对大数据的定义是,所涉及的数据量规模巨大到无法通过惯有的人工和技术,在合理时间内完成截取、管理、处理,并整理成为人类所能解读的信息。但大数据的本质不在于数量巨大,而在于其隐含着这个世界体系、组织、运动和状态的所有信息,具有多层面的价值。大数据本身既不是科学,也不是技术,而是网络信息时代的一种客观存在。其战略意义不在于掌握多么庞大的数据量,而在于对这些大量数据进行专业化存储、处理,挖掘、提取所需要的知识和信息。换言之,如果把大数据比作一种产业,那么这种产业实现赢利的关键,在于提高对数据多维多角度的“分析加工能力”,通过分析、加工、应用实现数据的“价值”和“增值”。<sup>⑧</sup>因此,大数据不仅指大量的数据,更指处理数据的速度和质量。大数据不使用随机分析-抽样调查的方法处理所有的数据。因此,著名的大数据研究机构 Gartner 又将大数据定义为:“大数据”是需要新处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力的海量、高增长率和

⑧ A. Labrinidis, H. V. Jagadish. Challenges and Opportunities with Big Data[J]. Proceedings of the VLDB Endowment, 2012, 5(12).



多样化的信息资产。

从技术角度看，大数据关注“数据”，实际是着眼于其业务和功能，需要不同于传统的特殊技术，以有效处理大量的容忍经过时间内的数据。这些特殊技术包括大规模并行处理（MPP）数据库、数据挖掘电网、分布式文件系统、分布式数据库、云计算平台、移动互联网和可扩展计算存储系统等。

大数据的真实价值绝大部分都隐藏在表面之下<sup>⑨</sup>，而发掘数据价值、征服数据海洋的新型工具就是云计算。云计算着眼于“并行网络化计算”，提供 IT 基础架构，着重计算能力。云计算的特色在于依托云计算的分布式处理、分布式数据库（PaaS）和云存储、虚拟化技术（IaaS）等技术对海量数据进行分布式数据挖掘（SaaS）。其关键技术中的海量数据存储技术、海量数据管理技术、MapReduce 编程模型等都是大数据技术的基础。

### 3. 大数据的特点

由上述内容可知，大数据是“具有多元价值的、不能用过去局域化的方法提取、存储、搜索、共享、分析和处理的海量的复杂数据集合”。业界通常用 4 个“V”来概括当前大数据的特征，简称“四 V”。

#### 1) 规模巨大（Volume）

大数据显现出来的最直接特征就是集合数据量浩大。大数据是全域的、混杂的全体数据，以规模取胜。这至少有两个方面的含义：一是数据量集合大，量的单位从 PB, EB, ZB 到 NB, DB, …规模巨大，如 2007 年全球数字内容总量高达 1610 亿 GB，尽管这种数据量规模是相对的，但对于某个领域却是绝对的大数据，大数据直接处理的就是这种海量数据，而不是进行抽样分析和处理；二是随着人类活动的广泛深入和高新技术的应用与快速发展，信息和数据随着时间的增长呈指数级增长，根据国际数据公司（IDC）预计，每年新增数据都在以 50% 以上的速度增长，每隔不到两年就翻一番，数据量规模不断刷新。

大数据的最小基本单位是 bit，其后依次是 Byte, KB, MB, GB, TB, PB, EB, ZB, YB, BB, NB, DB, …

它们按照进率  $2^{10}$ （1024）进行换算：

---

⑨ “大数据的真实价值就像漂浮在海洋中的冰山，第一眼只能看到冰山的一角，绝大部分都隐藏在表面之下。”  
[英]Viktor Mayer-Schönberger 语。



8 bit = 1 Byte

1 KB = 1024 Bytes

1 MB = 1024 KB = 1 048 576 Bytes

1 GB = 1024 MB = 1 048 576 KB

1TB = 1024 GB = 1 048 576 MB

1 PB = 1024 TB = 1 048 576 GB

1 EB = 1024 PB = 1 048 576 TB

1 ZB = 1024 EB = 1 048 576 PB

1 YB = 1024 ZB = 1 048 576 EB

1 BB = 1024 YB = 1 048 576 ZB

1 NB = 1024 BB = 1 048 576 YB

1 DB = 1024 NB = 1 048 576 BB

...

目前,大数据的数据量级已从万亿字节(TB)海量发展至千万亿字节(PB)巨量乃至十万亿亿字节(ZB)超量。

## 2) 数据类型多样 (Variable)

相较于以文本为主的传统关系型数据,当前自然和人类社会活动产生的数据,包括传感器信息、音频、视频、图片、文本、XML、HTML 网络日志、地理位置等半结构化和非结构化信息数据呈现爆发式的增长。这些半结构化、非结构化数据和结构化数据共同构成了大数据集合,且半结构化和非结构化数据占有相对较大的比重并呈快速增长之势。大量多源异构的数据,特别是非结构化数据增加了深度分析的复杂度,使得并行数据库技术也难以突破扩展性这一瓶颈。

## 3) 产生和流通速度极快 (Velocity)

产生和流通速度极快是当前大数据的又一重要特征。区别于传统静态的或缓速的数据仓库和数据挖掘,大数据往往为高速实时数据流。其大体量和爆炸式的增量数据流要求快速、持续地及时和在线处理,并快速存储,数据的产生、存储、处理、消费及呈现快速一体化。

## 4) 价值多元、密度低 (Value)

大数据是自然和人类活动的表征和体现。大数据的价值可以从多方面呈现。从



不同的角度，大数据具有不同的价值。总体而言，大数据是知识的宝藏。通过数据的交换、整合、聚类、分析，新的知识、新的规律将被发现，新的意义、新的价值将可能产生。对于具体的应用，大数据的价值密度与数据总量的大小成反比，表现出某种低密度性。例如，在一段 1 小时的监控视频中，有重大价值者可能仅为某个时刻 1~2 秒的数据流。

### 1.2.2 21 世纪海洋大数据特征

21 世纪既是太空、网络的世纪，也是海洋的世纪。随着现代高新技术的发展，特别是信息技术、感测技术和导航技术的发展，人类对海洋的认识从局部、概略、不精确，逐渐到全面、定量、精确。对海洋价值的再认识使得人类 21 世纪的海洋活动更加深入、多样、复杂。各种海洋活动信息和数据爆炸式增长。海洋数字化，海上行动日益数据化。海洋数据呈现出复杂、多维、时变、隐含等大数据特征。

#### 1. 海上行动的数据化和数字化海洋

随着人类海洋活动的丰富和深入，21 世纪海上、陆上、空中和太空情报数据、传感器数据、全球定位和导航数据、人类活动数据、海洋环境数据、各种军事和非军事指挥控制数据呈爆炸式增长，网络数据、舆情政情信息汹涌而来，显示出 21 世纪海洋鲜明的大数据特征。同时，随着信息技术的发展，人类的各种海洋活动更多地以数据的形式反映出来。人类海洋行动数据化，海洋日益数字化。

##### 1) 海上行动的数据化

自古以来，人们认识、改造和利用世界均源于描述和精确刻画世界。从测量物体的线度到测量物体的体积、质量，从描述各种现象到描述事物的属性、特征和行为方式，人类对世界的数字化一直在进行之中。在海洋，人类的活动不仅空间扩大，而且内容拓展。从具体的海洋普查、深海探测、油矿开采到海上巡航、强制隔离、航运保护、武力展示、海上作战，人类的海洋活动遍及开发应用海洋的各个方面。在航运、养殖、观光、考古、资源勘探等各种海洋活动和应急救援、海上护航及海上作战军事和非军事行动中，人类的海洋活动类型多样，使命任务随时变化。产生和需要的各种数据包括时空环境数据，目标与状态变化数据，风、浪、涌、雷电、大气波导、盐雾、潮汐、杂波、多路径效应等海洋环境特征数据和水文气象数据。在军事行动中，还包括兵力兵器数据，作战平台数据，武器系统和装备数据，

机场、港口、导弹阵地数据，补给物资数据，指挥与控制数据，弹道导弹攻击数据，火控与导引数据，系统装备状态数据，以及各种情报保障数据等。

当人类的海洋活动要求精确化、海上行动态势可精确传递、感知和共享成为现实需求时，海洋行动方式就从重数量和规模演变为聚焦远程、精确可控，多种力量联合行动和信息联合使用。这在技术上就是开发应用各种信息技术，应用于海上行动。海上行动的数据化就是充分运用各种感知、测量、描述方法与技术于海洋行动，以图形、图像、视频、声音，以及语音、文字、符号等各种形式表示的，与海洋行动相关的各类实体和行动要素的格式化和非格式化数据信号。可通过有线、无线、微波接力、数字光纤、对流散射和卫星通信等手段传输数据，并可通过传感技术、通信技术和计算机数字处理技术对所有相关数据信号进行及时收集、处理、交换和使用，描绘一个与实际的海上行动一致的画面。

随着信息技术的发展和人类对海洋认识的深入，无论是海洋资源的开发和利用，还是海上航运、海洋执法、应急救援和海上作战，人类的海洋活动越来越信息化和数据化。人类海上行动的数据化，实质上是追求实现海上行动各个方面和环节的数字化和智能化，并在广域信息空间的链接下将这些环节有机地互连，实现一体化联动。在未来海上联合作战中，各种新型雷达、平台、通信和导航设备、电子对抗频谱、武器系统的控制指令，以及其他各种光电信息将构成极为密集而复杂的信号环境；海战场的侦察、警戒、监视、跟踪，以及各种武器系统的制导、搜索、识别、跟踪、射控和各级各类通信联络、战场管理、系统控制等均需要通过信息技术实现。如果能在某个层面或标准上达到共享的态势与对上级和友邻意图的清楚了解有机结合，就能最快地达成联合行动决策，并最大限度地聚焦于广泛分布的兵力机动和火力，使各级各类指挥与控制人员、行动人员和保障人员共享数据库，获得清晰、准确和适合需要的海洋环境空间画面与及时刷新的各类情报信息数据。在数据化海洋中，大数据由于其突出的作用开始成为各种海上行动极宝贵的资源。

在物理实体上，海洋行动的数据化体现在各种现代化信息系统装备的运行和网络支撑上，这就是各种海空侦察监视系统、情报信息搜集系统和天基情报侦察系统。在所有这些系统中，为己方提供预警信息和定位数据的各种预警卫星、通信导航卫星和云计算设备是海上行动数据化的关键装备。全球第一个数据化行动建制单位是美军第四机械化步兵师。在 2003 年的伊拉克战争中，参战的第四机械化步兵师的每一辆装甲车、每一个士兵都带有数字化装备，每一个士兵都能随时将自身的



数据传递给其他士兵和指挥系统，指挥官也能在指挥所同步看到战线的准确位置和战场时况。

### 2) 数字化海洋

相对于海洋行动的数据化，数字化海洋就是用“0”、“1”二进制编码表示海洋现象、海洋活动和海洋规律，即在技术上把模拟信号或模拟数据转换成用“0”和“1”表示的二进制码。海洋是一个包括海岸、水体、海底、岛礁、海峡、水道，以及其上的天空的泛实体空间。海洋是一个多目标环境，存在各种自然物、人工建筑物，目标数量众多、种类多样。从近海到远洋、从水上到水下复杂的水文气象环境，海岸、海床、岛礁等地形地貌，从低纬度到高纬度，从春季到冬季，空间跨度大、时空属性变化多样，环境复杂。各种要素包括海洋环境要素和相关实体运动要素两大类。海洋环境要素又包括海洋自然环境要素和人工环境要素。海洋自然环境要素包括幅员、水深、底质、海流、海水跃层、海岸地理、岛礁分布、海底地形等；人工环境要素包括灯塔、航标、钻井平台、港口、沿海机场、观通站、海底电缆、声呐基阵等。相关实体运动要素也包括两类：一类是有形的运动实体，包括商用船舶、海军舰船、水下潜艇及其他各类水面和水下航行物、海空飞机、飞艇，以及鱼群等；另一类是各种无形的运动实体，包括声波、光波、电磁波、核辐射等。按照存在状态，相关实体又可分为固定的实体和变化的实体、静止的实体和运动的实体。

在数字化海战场中，数字化信息是有关海战场环境的气象、水文、天文、地理、物理、生化等特性，各种系统状态、特征，目标属性、位置、种类、数量，形状、辐射、运动特征等的信息。研究海战场环境，利用海战场环境，量化敌我双方兵力兵器的功能性能指标参数，各种军民设施数量、规模、资源潜力等，可为精确指挥、海空武器协同打击和一体化指挥与控制提供依据。

相应的，从水下、海上、空中至太空，数字化海洋信息包括：海洋地理信息，包括海域及海陆的界限、幅员、深度、海底地形及海洋底质等；海洋物理要素信息，包括海水的温度、盐度、密度场及声场的分布和变化、海洋重力场及磁力场的分布和变化、海上电磁场（射频）环境及变化信息、海冰分布及冰情等；海洋动力学要素信息，如流场、浪场、潮汐与潮流的变化情况及内波的形成与传播情况等；海洋气象要素信息，如风场、海面气温、云气状况、海雾、海面能见度等。数字化海洋源于信息技术的发展和人类海洋活动精确化、信息化和定量化的需要。随着现代信息化技术的快速发展，特别是导航技术、海洋遥感技术、海洋探测和监视技术

的发展,数字化海洋成为可能。同时,为了更有效地进行海洋活动,更好地应用和利用海洋,人类也需要更全面、准确、深刻地了解海洋。例如,在海上应急救援行动中,准确掌握目标位置信息、所处环境和状态信息、危险程度信息、救援力量信息等是搜救能否做到及时、准确、可靠无误的关键。现代海上作战,更需要全面、深刻地了解海洋及其环境,以利于选择和利用海洋作战。

数字化海洋实际是海洋物理域内容的数字化和信息化。其本质是使海洋资源数字化共享,实现信息处理、存储、分发和应用的标准化和智能化,实现人们对海洋及其环境的感知从以前的定性和笼统逐渐过渡到定量和精确。由于现代科技的发展,人类已广泛应用全球海洋观测系统(GOOS)进行立体检测,包括采用卫星遥感技术、浮标监测技术、走航拖曳式 XBT 技术、航空投放式 AXBT 技术、高精度多普勒海流计(ADCP)技术、高频地波雷达技术、天波雷达技术、水下 CTD 检测技术、水色扫描仪、多光谱扫描仪、合成孔径雷达、微波辐射计等高精尖技术进行海洋探测、检测、分析、测绘和记录。其中,统一的时空坐标是数字化海洋的基础。1978 年,世界上第一种全球定位系统(GPS)成形,继军用之后,80 年代开始对民用开放。<sup>⑩</sup> 由于全球定位系统及其他授时系统的发展,使得海洋上的一切活动都是统一时空、精确定位,时空坐标实时可测、量化的。利用各种传感器感知目标,人们可对海上一切活动的与不活动的各种物体、因素、条件、情况进行一致的时空定位,对其状态进行检测和标定,对其特征进行描述和数字化编码处理:对区域内的天空、海面、海中、海底、海岸及临海大陆架、岛礁等各种要素环境图像数字化;对各类舰艇、各种空中飞行物、分布的雷达、辐射的声光电信号等各种目标信息数字化或信息化,实现海洋空间的精确与定量。

可以预见,21 世纪,包括人在内的海上各种装备、系统和平台都将数字化、矢量化。海洋行动将呈现数据化、透明化。

## 2. 海洋大数据的特征

从海上大数据的内容、来源、种类、属性看,现代海洋大数据具有以下显著特征。

### 1) 内容跨界、来源庞杂,种类多样、属性广泛

① 内容跨界、来源庞杂。现代海洋大数据跨越自然界和人类海洋活动的各个

<sup>⑩</sup> 除了美国的 GPS 系统外,还有欧洲的 Galileo 系统和俄罗斯的 GLONASS 系统,以及中国的“北斗”导航系统。



领域和层次，包括人类的海洋活动数据，如航运、养殖、开采、勘探、旅游、考古等产生的数据；有关科研产生的数据，如大量的海洋科学试验、科研论文、学术报告等；与海洋活动和海洋形势有关的社会政治、经济、军事、外交等活动产生的大量信息，如大量的海洋外交、海上贸易、海事谈判、海上护航、军演、反恐、海上搜救、武力展示等产生的情报信息；和海洋活动及军事行动相关的行业大数据，如修造船行业活动、钢铁行业活动、相关的装备制造业活动数据，以及海航飞机、港口码头、海关、相关人员往来等活动产生的数据；新闻媒体、社交网络上大量的报道、跟帖、讨论产生的大量信息。

② 种类多样、属性广泛，非结构化/半结构化数据占极大比重。种类上，有图像情报、雷达情报、声呐情报、光电情报、电子侦察情报、部侦情报、技侦情报、人工情报、公开情报、通信侦察情报等测量和特征情报；既有有关目标类型、属性、数量、状态等目标信息，也有海洋环境、行动意图、行动规划、活动计划、活动方案、作战条令、指控指令等数据信息。属性上，既有系统、平台、人员、设备、网络、射频等数据，也有地形、地貌、气象、水文、兵力调动、行动计划、火力跟踪等信息。类型上，除了传统的文字、图表、数字等形式的格式化数据外，海上大数据越来越多的是以音频、视频、图片、XML、HTML、网络日志等形式涌现的半结构化和非结构化数据。

③ 稳态和动态并存，有一些迅速变化。从时间效应上讲，有快变的、有缓变的；从时间特征上说，有连续信息、断续信息，周期信息、非周期信息，时变信息、非时变信息，且大多时间不长就消失，有的又出现，迅速变化。这些特征大数据表现为：一是战时通信信号和某些特定信息，如关于敌情、我情、目标、指控等的信息及电磁信号随着战役的展开在某个（某些）阶段突然呈爆发式增长变化；二是由于保密和隐秘的需要，实际战场通信具有猝发性、跃变性，传递的信息往往是点状的、片段的。

### 2) 基础性特征显著

由于人类的海洋活动与海洋环境、装备技术、经济军事外交等密切相关，决定了海洋大数据的基础性特征显著。海洋基础性数据包括地理信息、水声环境信息、气象水文数据、海洋设施数据、各类平台属性数据、装备参数、各种目标声光电信息、频谱信息、国内外政情舆情信息，以及历史档案基础信息等。

### 3) 珍稀数据、“带毛”的数据、噪声数据、死数据和假数据大量掺杂并存

海洋大数据是全局的和整体的数据，因而数据是混杂的，珍稀数据、“带毛”的数据、噪声数据、死数据和假数据大量掺杂并存。

全局的和整体的数据是指全局的所有数据。实际上由于技术的原因或意识不到的原因，客观上总会缺省一些数据，但这不是故意的。特别是在作战环境，作战双方总是尽可能地隐真示假，导致某些信息不完整和某些信息严重缺失，如一些主要的作战平台采用隐身技术将导致有关该平台的目标信息（如其运动信息、状态信息）缺少。有关对方指控中心的位置信息、节点信息、潜艇位置信息、通信参数信息等也是经常不完全或缺少的信息。此外，目标在环境中受到各种干扰，系统的环境中运行也常受到干扰，由此产生大量噪声数据。

所谓“带毛”的数据是指未经剪裁、修饰的原始数据。带“毛”是大数据的典型特征。这些数据不同于样本数据或抽样数据，还原了真实的世界或者说反映了世界的真实。例如，水下波束域信息图经声呐波束形成到目标检测、方位跟踪后往往是不规则的，常常带有目标固有振动、运动模式、螺旋桨叶片数量及转速等许多“毛刺”特征。

信息之间既可能是互补的、相互支持的，也可能是相互矛盾或冲突的。

一是信息严重失真或扭曲。双方对于一些不得不发出的信息总是加密码，实施变形，使对方即使截获也无法得知真实内容或无法在很短的时间内得知真实内容。

二是虚假信息。对方有目的地制造有关目标、通信、指控、属性等虚假信息或信号，欺诈、引诱对方或迷惑对方，达到某种战术/战略目的。

三是信息模糊、跳跃、不精确，如信息关键项空洞或随时变异，不稳定，达不到火控质量或情报质量；声呐对潜探测的极弱模糊信号、多目标复杂环境下的弱目标信号、时敏脉冲信号等。

### 4) 战略性信息数据和战役战术性信息数据混合

由于海洋活动究其本性具有战略性，同时又可能仅是战术的或技术的，因此海洋大数据中的战略性信息数据和战役战术性信息数据往往混合在一起。前者包括地缘战略政治信息、国内外舆情政情等信息，诸如海上大型钻井平台的开建，防空识别区的设置、武力展示，海上基地，军事演习，战略性导弹系统、航母、战略轰炸机活动数据及相关出动等信息数据；后者有某个既定海域的勘探、水面常规舰艇和潜艇活动等信息。



而水声环境数据、电子信息系统和电子对抗系统参数、通信信号参数、密码等通常具有战略和战术双重属性。

### 5) 技术性突出

海洋大数据主要有人工和技术获取两大来源。人工是传统获取数据的手段，但随着技术的发展，海洋大数据的收集、获取、存储、处理、利用显现出越来越高的技术性。在空中和太空，各种气象卫星、海洋监视卫星、电子侦察飞机每时每刻都在收集各种气压、温度、风向、海洋活动物、射频电磁信号等巨量数据，以分析大气环流、天气变化、海洋状况、人工和自然电磁活动；在地面和海洋，各种监听站、侦察机、雷达声呐设备、电子侦察船、磁探仪等，可以不断收集、获取陆地和海洋的各种数据和信息；在海面和水下，各种先进装备和设备通过声、光、电、生、化，对海面目标、水下潜航的目标、水底环境和目标，以及海洋周围环境进行多方面的探测、侦察和监视。

目前，各种海洋情报侦察监视体系可以全面掌握海洋态势，为海上各种活动的指挥与控制提供有力的支持。这种多样化、多类型的信息供给最直接的结果是形成海上指挥信息系统的大数据形态，包括卫星图像、电子信号、移动目标数据，以及通过互联网获取的各种信息和数字产品。

## 1.3 大数据在海洋行动中的作用

数据是自然界和人类活动现象及活动的表征和刻画。海洋行动需要了解与海洋行动相关的所有情况。战场指挥与控制更需要“知己知彼”<sup>①</sup>。大数据反映并体现这个世界的本质。大数据可透过现象揭示事物的本质和规律，从而实施决策和管理。在海洋活动和行动中，海洋大数据蕴含着航运、勘探、开发、研究、保护、执法、作战、护航、反恐、海上应急救援等多样化使命任务的活动信息，具有多层次和多方面的现实应用价值和潜在开发价值。大数据分析可以在各个层面发挥作用。

### 1.3.1 海上大数据的类型

海上大数据类型众多。从来源看，有人工数据、技术数据、传感器数据和网络

<sup>①</sup> 见《春秋》孙武：《孙子兵法》第十三篇。



数据；从时间上看，有历史数据和现时数据；从属性看，海上大数据可分为海洋环境数据、人工建造物数据、海上平台和人员活动数据、系统和装备运行数据及情报数据；从应用看，海上大数据可分为 4 类，即“一般关系型数据”、“特征型数据”、“精细数据”和“隐数据”等。

### 1. 一般关系型数据

一般关系型数据又称背景数据，是指涉及人类海洋活动的一切有关海洋环境，海上贸易、海洋开发、海上作战、地缘政治关系等的关系型数据、信息和知识，如相关海域的幅员、水深、地质、地貌、洋流、气候、潮汐、港口数量和岛礁分布等基础性数据，周围国家和地区、相关国家海洋运输能力及海上作战能力、战争潜力指数等战略情报、信息和知识数据；有关海域的海上通道分布、油气矿产资源分布、国际往来船舶频率和年度分布、海盗出没情况、海难情况等的数据。

有关国家和地区的海洋战略信息、国际海洋法信息、有关国际海事组织发布的信息也归为一般关系型数据。

### 2. 特征型数据

特征型数据指与某种事物或某些现象相关联的数据，或与一般情况相区别、标志某件事物或系统特征的各种数据，如标志某个海域特定的地理条件和气象环境信息数据、特定海水的跃层分布数据、相关国家空间和信息战特征能力指数、指挥信息系统和电子战系统特征数据、相关人员和平台的行为规律和偏好数据、武器系统的各种类参数、船舶运输能力参数等各类特征型数据。

其他有如目标形状、轨迹、速度、行为、内部特性，以及特定的声光电红外辐射等各种特征型数据。

### 3. 精细数据

精细数据又称细节数据。细节决定成败，如同一个人的“指纹”透露其身份一样，细节数据往往暴露事物的真相，揭露伪装，如暴露行动的规模和性质，透露导弹发射的行踪等。细节数据又分为战略性细节数据和战术性细节数据。前者如海洋活动出动平台的档次、不同类型平台的数量和比例、不同平台的活动频率等，后者如某台发动机的本振频谱、通信调制相位及其功率谱细微特征、螺旋桨叶片附加噪声等。

细节数据常不为人重视，在分析计算中易被过滤和标准化，特别是对“带毛”的细节数据，如对于水下噪声目标，声呐波束域细节信息表现为目标的线谱多普勒



频移、连续谱干涉结构、调制谱轴/页频等方面容易被忽略。

### 4. 隐数据

隐数据包括加密数据、变身数据和隐含数据。隐数据既存在于现实的各种系统和装备运行中，也存在于社会人际交往中，多为潜藏的关键信息，如隐藏设置的各种参数、通联密码、潜在规则、应答暗语、只可意会的语言和姿势、匹配关系等，如同白昼中的隐形人。

此外，某种表面上似乎与海洋无关，实际上通过大数据挖掘可见其与人类的海洋活动和海上行动有某种相关性的数据也属于隐数据，如某种股票的波动、交通流量的变化、人们行为的变化等数据。

## 1.3.2 大数据在海洋行动中的主要作用

在物理世界，不论做什么事情，或者有什么活动，都会留下记录或踪迹，产生某种“影响”，譬如飞机飞过后的尾迹、机器转动发出的信号、工程造就的景观和图纸、通信留下的记录、微信形成的社交网络、淘宝掌握的顾客、定位软件时刻产生的位置……也就产生了各种大数据。大数据刻画并反映了这个世界的本质。由此，麻省理工学院利用手机定位数据和交通数据建立了城市规划；梅西百货通过购物单分析（Market Basket Analysis）顾客的购买行为，制定出了更好的营销策略；美军海豹突击队应用大数据终于发现了隐藏十年之久的本·拉登，并成功将其击毙。

海上大数据反映了海洋环境及现时海上一切活动的状况，是人类开展各类海洋活动，实施海上行动的前提和依据。在人类的海洋勘探、开发、航运、救援、执法及军事行动中，大数据具有多层次、多方面的作用。只要有相关关系的数据，不需要先验的模型和逻辑假设，大数据分析就可以发现过去的假设和抽样模型不能发现的新模式、新知识和新规律。大数据分析使得数据背后的规律、特征和联系显现，包括宏观趋势、细节特征、关键节点和潜在联系。在海洋行动中可以提供环境信息支持、支撑博弈决策，可以破解战场迷雾、提升行动效能，是科学统筹资源、活动开展和战术实施的依据，有利于发现潜在的、有价值的东西，可以发现、识别、跟踪目标。例如，美国雷神侦察人员通过对某海域近十年所记录的态势大数据分析比对，发现该区域海洋如果有某国潜艇，则其反潜巡逻机就不在该海域活动，据此规律多次侦察出该国潜艇的活动。人类的海洋活动和行动常常是有目的的组织行动或

活动。由于事件背后常常具有因果关系或某种目的，因此加上因果关系的大数据相关关系分析既是深化指挥与控制，提升其分析能力的精髓，也是其核心能力提升的要素。

在人类不同层次和领域的海洋行动中，大数据的需求与效应是不同的（见表 1.1）。海洋大数据通过统计性的搜索、比较、聚类、分类、关联等进行分析综合和归纳，从基础层面到战略、战术层面和管理层面具有多方面的作用。

表 1.1 不同层次海洋行动对海洋大数据的需求与效应

层 次	环 境 效 应	信息需求粒度	时 间 尺 度	空 间 尺 度
战略	全局整体状况	全局态势	几周到几个月	100~1000km
		战略性事件与战略目标活动状态		
		季节性海洋		
		全局背景场		
战役	关键时机与海区	战区态势	24~76h	10~100km
		关键目标活动状态		
		中尺度海洋水文气象状况及变化		
战术	安全与效能	战术态势	0~12h	1~10km
		任务目标活动状态		
		小尺度海洋水文气象状况及变化		
装备与系统	使用效能	战术态势	0~12h	1~10km
		任务目标活动状态		
		与装备系统使用相关的要素		

1. 基础层面

获取海洋环境大数据，建立海洋环境数据库，为海洋活动和海洋行动提供全面、客观、准确的数据和情报支持。全面、客观地评估相关海域、航道与海洋活动、行动的关系，进行相关预报。具体而言：

- ① 全面掌握海洋地理环境，掌握相关国家和地区的历史人文风俗，相关岛礁分布、航道、海峡、水道、人工建造设施等情况，气象、水文实时状况；
- ② 基于外交、互联网和社会舆论大数据，掌握相关海洋国际舆论、社会大众对海洋权益的意识和对相关海洋权益争端的态度，分析国际、国内舆情、政情、社情、经济发展和社会心理；
- ③ 实时掌握相关区域的各类舰船、飞行器、网电、人员活动情况，敌我重要能源、物资流转关系和节点图；



④ 了解区域电磁信息环境，掌握敌我双方主要系统、平台和设备的活动频谱特征及规律；

⑤ 掌握现实和潜在敌方战争潜力和后勤准备情报。

### 2. 海洋行动战略层面

数据反映这个世界的本来面目，正是一切战略规划和行动决策的依据。大数据通过各个来源的数据分析，掌握相关国家和地区的海洋定位及其海洋发展战略，掌握其海洋战略方针、战略措施、战略意图、海上行动的指导思想、重大行动部署及最近可能的行动。具体而言：

① 掌握国际、国内政治经济发展形势和国际、国内舆情，掌握相关国家和地区的海洋发展战略，指导己方战略决策；

② 掌握现实对手和盟友重大的政治、经济外交活动与军事活动，如重大的海洋经济开发活动、海洋外交活动、防空识别区行动、军事演习活动等；

③ 从战略上分析敌我双方的军事行动准备情况、行动潜力和现实状态；

④ 实时把握现实和潜在对手的战略武器研发进展和部署情况、活动情况；

⑤ 分析掌握相关国家和地区海洋活动的状态、动向、战略意图和最近可能的行动。

### 3. 海洋行动战术层面

海上行动需要系统组织和针对性策划。在战术层面，无论是战争性军事行动，还是非战争性军事行动，这种作用同样是通过数据来反映并通过行动实现的。从搜索救援、护航反潜到远征濒海作战，围绕影响海洋行动战斗力的“人、体系装备和战场环境”三要素进行大数据的收集和分析。大数据的主要作用如下。

① 全面精细地了解海洋环境，包括海洋环境情况和周边环境情况、海洋资源情况和一些不为常人所知的海洋细节情况，以及短时存在的情况，进行地理、水文、气象环境分析和评估，如某个海区特殊的气象、特定的海水跃层、海底特殊的情况、声波传播特性和某时短暂存在的特异现象，等等。

② 通过各个来源的大数据分析，全面细致地了解海洋中的各种活动情况，如各大航线民用和商用船舶的活动情况；各相关港口、机场的动态；海警（海岸警卫队）舰船的活动情况；海军舰船、飞机的集结和活动情况；海上电磁波和海洋磁场的活动变化情况；网络、电子、通信信号的活动变化情况；水中声场、磁场等物理

场及核生化等辐射情况。掌握敌方作战人员、武器、平台、系统、后勤状况，敌人的行为特点、活动规律、行动意图，敌方指挥官的性格特点等。

③ 通过大数据分析得到敌我双方战场实时态势及其变化情况，揭示相关区域海洋活动和行动准备、部署、活动情况和重点方向。在作战系统层面，深化各行动单元连接的内容和层次，提升指挥决策的质量和水平，缩短指挥与控制的周期。通过大数据分析得到我方准确的需求，进行战场态势实时感知，提供精确及时的服务；得到敌方的数据，供系统体系对抗使用。通过大数据分析、模拟，细分战场，创新作战模式。

及时获取：

- 优势情报、机会情报和新（发现）情报；
- 攻防对抗情报-决策情报；
- 评估情报；
- 网络-电子战情报和电子对抗情报；
- 隐数据。

#### ④ 目标综合识别

通过大数据对目标进行综合识别，发现水上和水下小目标、快速机动目标、隐身目标、时敏目标，以及其他特殊目标，如核潜艇和特战人员目标。

#### ⑤ 目标定位与跟踪，特别是海上多目标定位与跟踪

通过大数据对目标进行快速定位和跟踪，掌握重要海上平台、水下平台、陆上平台和太空平台的活动情况及当前准确的位置。

#### ⑥ 战术评估

通过大数据分析、平行仿真推演或线下计算，评估行动后果和战场效果。

### 4. 海洋行动管理层面

管理是在战略规划、战术行动同时和之后进行的组织协调与管理。通过大数据信息纠偏、强化指向，进行反馈控制；通过大数据寻找模式、规律和特征知识，提供海洋行动组织、计划、规划、博弈、决策和行动的依据，用于包括传感器调配、兵力协调、行动规划等在内的资源管理和战场空间管理，不断优化、提高系统运行效率和效能。

## 第2章

# 海上大数据指挥与控制行动 的本质内容和组织形态

海上行动是人类海上组织活动的实践，包括海洋开发活动、战争性军事行动和非战争性军事行动。所有这些行动都包含一个最基本的要素，即对海洋的管理，对人类行为的指挥与控制。随着技术的发展，指挥与控制的内容和形式在不断发展演化。农业社会和工业化社会前期，指挥与控制是指局域的组织指挥与控制；第二次世界大战后，特别是 20 世纪 70 年代之后，由于信息和网络技术的发展，人类的海上指挥与控制采用了信息化、网络化的方式和手段。21 世纪，以信息技术为先导的现代高新技术继续以前所未有的广度和深度向各个必然和自由王国扩展和深入。一个围绕个体和人类集体组织行为，与物质世界平行的数字世界开始形成并发展壮大，并产生了空前广泛的影响和作用。指挥与控制的主体和内容逐步转向数据和知识。指挥与控制由“需求拉动”转向“数据驱动”，海上行动由过去的“时间协同-多种力量配合”向“空间融合-多种力量实时联动”的海陆空天一体化云作战行动转变，由基于消耗向基于多维效果转变。跨域协同成了作战指挥的主要内容和手段。指挥与控制的内涵和作战组织形态正在发生深刻的变化。

本章主要研究大数据时代指挥与控制行动的本质内容及其组织形态，阐述几种典型的海上大数据指挥与控制行动及相关大数据，以迎接新时代，更好地实施大数据海上指挥与控制。

## 2.1 大数据时代海上行动的主要特点

大数据时代是社会环境、技术环境、全球地缘政治和使命任务快速变化的信息时代。随着全球海洋开发活动的日益高涨,围绕海洋权益的争夺和日益复杂的国际地缘政治关系,大数据时代的海上行动具有以下主要特点。

### 1. 行动多元性和使命任务多样性

海洋具有总体上的国际性和战略性。由于这个特点,一国或一地区的海上行动往往带有政治、经济、军事、外交、文化等方面的多元性。大数据时代的海上行动包括海洋经济活动、非战争性军事行动和战争性军事行动。其中,海洋经济活动包括海洋勘探、开采、养殖、航运、考古、旅游等与人类社会经济发展及民生相关的一切海洋活动。根据《联合国海洋法公约》,除航运外,一国或一地区的海洋经济活动应限定在一国或一地区的领海、大陆架、毗连区和海洋专属经济区内进行,航运则可以在国际水道和他国海域毗连区及专属经济区无害通过。非战争性军事行动包括一国或一地区对相关海域的情报收集、警戒、监视、巡航和海洋执法,是一国或一地区对其所有的海洋权益的一种管理和关注,由一国或一地区的相关职能部门承担,如大多数情况下由海警(海岸警卫队)承担。战争性军事行动是一国或一地区海洋行动的最高级别和最激烈形式,是国家意志和地缘政治发展到最后一种不得不用武力解决的选择。其承担的任务既有传统军事作战任务,也有维和、反恐、打击海盗等非传统军事作战任务。在核威胁的背景下,海上行动将以非战争性军事行动为常态、以战争性军事行动为后盾,其使命从单纯的争夺制海权发展到维护国家海权、争夺地区主导权、维护世界和平。<sup>⑫</sup> 平时时期,海上行动主要集中于海上巡航、护航、维和、执法、防灾和海上应急救援;冲突时期,海上行动主要集中于军力展示、维权和事态控制;战争时期,主要执行对岸攻击、对海攻击、防空、反潜、封锁等任务。

可见,大数据时代的海上行动兼具国际、国内政治、经济、军事外交、文化等方面的多元性,具有并承担着海洋开发、航运保护、应急救援、维和执法、武力展示、作战等多样化使命任务。

<sup>⑫</sup> 鞠海龙. 中国海权战略[M]. 北京: 时事出版社, 2010.



## 2. 海洋活动和海上行动空间拓展，大洋控制与沿海区域控制融为一体

由于动力技术和通信导航技术的进步，人类的海洋活动范围已从 19 世纪的沿海近岸扩大到远洋，从毗邻的大陆、岛屿一直延伸到中远海和远洋。目前，人类的海洋活动已经遍布全球七大洲四大洋。海上航线遍布世界，包括大西洋航线、大西洋-印度洋航线、太平洋航线和太平洋-印度洋航线。

海上军事行动从传统的陆海空有限空间拓展到几乎所有时空。以卫星和预警机为代表的空中预警与指挥控制系统的监控范围已从近地几十千米低空海面扩大到数百千米以上的广阔区域，高度直抵 100 千米左右的临近空间及其上的太空；<sup>⑬</sup> 水下声呐阵列和拖曳阵列声呐则可探测海底数百海里范围的目标。由于兵力兵器的机动能力和运载距离空前提高，作战半径也大大扩展。超高音速战机向空中拓展作战空间的同时也将战场一下子拉大到数千千米之外，“战斧式”巡航导弹可轻松打击千里之遥的目标，核动力航母能不间断航行数十万海里到达世界每一个角落，现代潜艇可深入水下几百米甚至千米以上开辟战场。海洋战场已从甲午战争时的近海控制发展到第二次世界大战时的大洋控制，从近海防御发展到中远海作战，再从大洋深处开始“由海向陆”进攻。从马汉（Alfred T. Mahan, 1840—1914）提出“海权论”（1890 年）到《前沿作战……由海向陆——21 世纪海军战略》，大洋控制与沿海区域控制逐渐融为一体。

当前，海上行动可在全纵深依次或同时展开，连续性和离散性交织，并行与串行混合。现代远程机动和精确打击兵力兵器的广泛使用使得传统的攻防界限被打破，没有近海和远海、前方和后方之分，战斗多点分布，非线性展开，呈现来自地面、空中、海上、水下、电磁、心理等多目标、全方位的纵深和前沿立体打击。

## 3. 地缘政治性复杂

海洋是大陆的延伸，也是人类由陆向海发展的空间。人类的各种海洋活动和海上行动往往直接关系到一个国家的海洋权益、海洋发展战略，涉及周边相关国家和地区的海洋权益和安全，地缘政治敏感。21 世纪，世界政治、经济进一步开放融合，海权和地缘政治也再度兴起。围绕政治、经济、军事和安全，国家间的竞合关

⑬ 一般把离海面 20 千米以下的空间称为大气层空间，20~100 千米之间的空间称为临近空间，100 千米以上的空间称为太空。



系变得日趋复杂。不同国家和地区的利益诉求和合纵连横使得世界地缘政治关系产生了新的变化。近年来,亚太地区以岛礁争夺为核心的海洋权益争夺使得环亚太区域地缘政治十分紧张。

#### 4. 关联性和体系对抗性

海洋活动牵涉到各个方面和各方利益,具有政治、经济、军事、外交等的整体关联性。现代海上行动是多维空间的立体化行动。海洋开发、海上巡航、应急救援需要政府、军民、国内外各方力量的相互协作与配合。海上冲突的触角早已延伸到电磁空间、网络空间、信息空间和心理空间,尤以夺取制信息权和电磁权为优先和保证。作战目标不仅有来自于水面和水下的目标,还有很多来自于空中、太空和陆上的目标。其牵涉因素多、范围广,内外作用复杂,变化和敏感因素多,彼此相互联动;作战画面是破碎的、弯曲的、不连续的,并迅速变化,战场态势呈现出高度的非线性和不确定性。各种冲突没有时间、地点、规模、方式、手段和强度的预兆。太空、空中、水面、水下、岸防、陆战立体交叉,海、陆、空、天、电、心理同时展开,呈现出明显的体系对抗性。空海一体战和诸军兵种联合作战成为未来海战的主要样式。行动时,太空卫星、空间飞行器和对空导弹掌握着制空权,联合舰舰导弹、空舰导弹和岸基导弹夺取制海权,并通过信息对抗、电子对抗等方式夺取战场主动权,协助海军陆战队夺取登陆控制权,向陆上发展。

#### 5. 高技术性

海上行动环境复杂、技战术性强,对相关条件变化敏感,态势瞬息万变。海上护航、海洋执法、应急救援,作战力量布势分散,流动性大,需要各种信息快速处理分发;全球航行,需要先进的通信导航系统;海上作战更需要先进的情报侦察监视系统、作战指挥系统、武器和高技术平台。海洋勘探,特别是深海勘探和复杂海况条件下的勘探,同样凝聚了现代最先进的技术。海洋行动是高技术行动。

##### 1) 高技术通信导航

通信导航是海上行动的基础。在自由空间,从旗语、语音通信到无线电通信、微波通信、卫星通信,现代海上通信广泛应用了最先进的高科技通信技术。在对潜通信方面,研发装备了长波通信、蓝绿激光通信等技术系统设备,并正在研究当今最尖端的基于量子纠缠态、不受水介质影响的远距离大容量保密量子通信技术。在导航方面,从利用地磁导航、无线电导航技术开始,海上各种平台、航行器和空中



飞行器广泛使用了高度精密和稳定的惯性导航技术+地形匹配导航技术，不仅能以极高的精度提供位置和速度信息，还能准确提供航向、姿态和时间等信息。20 世纪 70 年代，随着空间技术的发展，美国开发出了卫星导航 GPS 系统，它在军事和民用领域得到了极其广泛的应用。基于此，全球卫星自动导航系统应运而生。这种覆盖全球的 GPS 系统在海上行动中的应用向世人集中展现了海上行动的高技术性。此后，欧盟、俄罗斯和中国也相继开发了各自的全球卫星自动导航系统。

目前，各种通信、导航技术在装备和系统体系上相互集成，提供高精尖的导航、定位、信息和数据分发、时统等多种功能，具有用户按需接入，不随时间、地点、高度和载体动态变化，在各种干扰和复杂环境下稳定工作的能力。

### 2) 高技术情报、侦察、监视手段和方法

现代高科技不仅体现在通信导航领域，还体现在情报、侦察、监视等领域。在海上行动中，各国广泛采用各种现代雷达技术、信号情报侦察技术、微波辐射计技术、光电侦察技术、遥感技术、现代声学技术等高新技术搜集获取图像情报数据、信号情报数据和测量与特征情报数据，实施海洋监控、目标监视、电磁频谱监视，执行战场侦察、目标搜索、导弹预警、核爆探测等任务。

为了能在各种复杂海况和气象条件下执行海上行动，特别是在复杂电磁对抗环境下实施海上作战，人们广泛应用高科技方法和手段发展具有反隐蔽、反欺骗、反隐身和抗干扰雷达、信号情报侦察装备、光电侦察装备、水声探测装备。

### 3) 高科技平台和高性能装备的广泛使用

在海洋行动中，各种高科技平台和高性能装备得到了广泛使用，包括水下、水上和空中各种机动、高速、隐身作战平台，高技术集成应用平台，各种智能化探测装备、自动控制装备和信息化装备，如水下作战高性能不依赖空气推进（AIP）潜艇，水下无人潜航器（UUV），水面高科技集成的隐身护卫舰、驱逐舰，执行深海探测的探测器，具有强大信息综合感知能力的第五代隐身战斗机，具有多种功能的综合海洋测量船，设备先进的海上医疗船，可水陆起飞的两用飞机，等等。在太空，各种成像卫星、海洋监视卫星、预警卫星、深空探测器广泛应用于海洋监视、海洋普查和海洋勘探。这些高科技平台和装备集中体现了现代高科技成果。

现代燃气轮机技术、柴电混合动力技术、核动力技术使得海上行动的速度大幅度提高，普遍达到了 30~50Kn（节，海上舰船运动速度单位，1Kn=1 海里/小时，

1 海里 $\approx$ 1.852 千米)以上的机动速度,而导弹和现代战机的速度早已突破音障,并不断刷新超音速纪录。新一代空天飞机(如 X-37B“轨道测试飞行器”)的穿行速度可达数十倍音速。兵力兵器的投送能力和海上应急救援能力大幅度提高,作战效能大幅提升;装备信息化、指挥自动化、运行智能化,应对复杂环境和特种环境的能力显著增强。作战时,各种高精度远程精确打击弹药[包括反舰导弹、对陆巡航导弹、弹道导弹、反辐射导弹(ARM)]具有强大的杀伤力。火力反应速度和打击效率提高,打击时间缩短。目前,先进的导弹武器系统从接收目标指示到命中目标以秒计,打击效率倍增;各种炮武器系统火力打击高速自动化,如 PHALANX 近防武器系统从发现目标到预调弦几乎一步到位,射速高达每秒四五千发以上;业已开发的“金属风暴”和激光武器火力的反应速度和打击效率还将进一步提高。

#### 4) 分布式云计算,网络化行动

现在海上行动需要和获取的信息众多,近距离行动和远距离指挥相互交织,人员物资机动快速;海上对抗空前激烈,进攻和防御一体化,作战模式转换频繁,火力的快速集中和纵深打击一体化。同时,战场态势复杂多样,作战本身(过程和结果)呈现出很多的不确定性。基于高速数据通信的指挥控制和防区外精确制导武器的大量使用,使得作战节奏转换大大加快,战场态势瞬息万变。信息处理从单机处理转向多机并行处理和采用面向服务体系架构(SOA)的服务器集群网络化处理。随着新型集中式、Web 化云计算模式的提出,海上行动的情报信息处理加速向大数据云作战模式转化,以向用户提供高速及时、按需动态、广域可伸缩的信息数据应用服务。

由于网络通信技术的进步,不仅打破了闭塞,加强了实体之间的联系,而且网络速度使得一切都可在瞬时连接。指挥控制从线性递阶层次方式转向分布扁平化方式,作战行动网络化,即以网络,而不是平台为中心作战。“感知(Perception)—认知(Cognition)—协同(Synergetic)—评估(Evaluation)”<sup>①</sup>一体化。同时,不断提高的战场可视性和信息共享使得指挥控制行动速度和反应速度空前提高,展现出海上行动情报信息处理的高技术化和行动的网络化。在阿富汗战争中,无论是 E-8 侦察机,还是“捕食者”无人机在空中发现“塔利班”目标的同时就能将图像传送到千里之外的驻沙特美军情报处理中心,从发现目标到呼唤远程火力打击仅需数分钟,作战节奏极快,目标常常在没有或无法做出有效反应时就被突飞而至的

① 简称“PCSE”模型。该模型发源于美空军上校 John R. Boyd 根据空战经验于 1987 年提出来的“OODA”模型。



弹药秒杀。

### 6. 新方法、新手段、新的作战样式层出不穷

20 世纪 70 年代以来,随着舰载超音速战斗机、远程精确制导弹药、相控阵雷达等高技术平台和武器装备的问世,以及卫星导航、计算通信网络和电子对抗等技术的发展,使得战斗的突然性、破坏性和激烈程度大大增加,海战形态、作战模式、作战方法和作战手段,以及部队编制体制也都发生了深刻的变化。资电先导、遏制超限,陆空制空、制海,地面作战。传统的空袭与反空袭、封锁与反封锁、濒海防御与远洋进攻、立体反潜、联合登陆与抗登陆等作战样式呈现出新的形式,指挥控制战、非线性作战、非接触作战、外科点穴战等战法层出不穷,中远程超视距精确打击、雷达/通信电子战、网络战日益突出,信息火力战、隐蔽作战和游击战具有新的特点。“超限战”从理论和战法上为不对称作战方式,采用非传统作战手段开拓了新的空间。远程预警、精确制导、网络瞄准、电子对抗的作用尤为明显。“木马”屠城、节点获取、欺诈、敌后侦察与诱骗等交互综合应用。

同时,新技术和新原理广泛应用,精确制导武器、信息化作战平台——包括隐身平台和无人驾驶平台广泛使用,激光等新概念武器积极研制和运用,增加了新的作战方法和对抗手段。

### 7. 支援保障复杂性

由于海战场环境严酷,技战术性强,所需支持保障作用持久而艰巨,特别是中远海和远洋行动所需要的各种资源繁杂,支持保障类型多样,既有海上保障,又有空中保障和陆上保障;既需要物质保障,又需要信息保障;既有现场支援,又有后勤维护。这对支持保障的实时性、精确性和综合性提出了更高的要求,需要维持物质、信息在一定水平,保障行动和作战体系的完整性,以保有行动的效能和可持续战力。

## 2.2 海上大数据指挥与控制行动的本质内容

指挥与控制广泛存在于自然界和人类社会,是个体或组织实现目标的一种手段。但作为一门不断发展的科学意义上的概念和整体,指挥与控制则是社会发展和技术进步的产物。20 世纪初以来,由于战争(特别是第二次世界大战)实践和军事

的迫切需求,现代意义上的指挥与控制概念和理论得到了极大发展,确立了在军事领域以机械化作战指挥理论和经典控制论为基础的工业时代的指挥与控制概念。指挥艺术和控制技术相互融合,形成了一体化的指挥与控制,即  $C^2$ 。指挥与控制理论、方法和技术除优先应用于军事领域外,还广泛应用于工程和人类社会生活的其他方方面面。20 世纪 70 年代之后,随着以信息技术为先导的现代高新技术的快速发展,人类社会产生和获取的各种数据和信息以比以往任何时期都快得多的速度增长。海上大数据指挥与控制不断丰富其内涵,改变其域,扩展其外延,变化其形式。进入大数据时代后,海上指挥与控制的本质内容产生了质的飞跃。

## 2.2.1 大数据指挥与控制本体论

指挥与控制是自然界和人类社会普遍存在的现象。实际上,自从开始有组织的社会活动,指挥就出现了。从原始人部落、农业社会到工业社会直至现代,“指挥”的概念历经数千年的演化,并且一并内含控制的意思。古汉语中,“挥”通“麾”。《旧五代史》卷七十五:“望麾而进,听鼓而动。”“麾”,指发令的小旗。无论是指向挥动,还是直接舞动小旗都有其最基本的含义,都是调动他人行动的活动。战国时期《荀子·富国》一书中有“拱揖指挥,而强暴之国莫不驱使”。这里,“指挥”也是一种调度活动。在主体上,指挥控制是将帅的职责。《尉繚子·武议第八》中有:“将专主旗鼓耳。临难决疑,挥兵指刃,此将事也,一剑之任,非将事也。”将帅指挥调度,发号施令,临难决疑,指挥行动;而直接拿起武器与敌人格斗是士兵的事。在西方,Command 一词起始于欧洲中世纪晚期(1250~1300 年),最初是指与指挥个体相联系的管理艺术。第二次世界大战后,现代 Command 概念才正式成形。20 世纪 50 年代,时任美国总统的杜鲁门对 Douglas MacArthur 将军授权时正式使用了“take command and control of the forces”的提法。《美国国防部军事辞典》对指挥控制的定义为:“在完成使命任务中,由合适地赋予给指挥官的对指派兵力权威的行使,通过由指挥员在计划、协调和兵力控制中对人员、设备、通信、资源和过程的配置来实现指挥控制功能。”我国《军语》对指挥控制的解释是:“指挥员及其指挥机关对部队作战或其他行动进行掌握和制约的活动。”

控制,广义上可以说是与生俱来的。譬如地球上的大气、水、森林、草原、阳光、动物、植物等构成了一个动态平衡的自动控制系统。生物界,从低等植物、草



食动物到肉食动物也相互制约和控制，构成了一个食物链系统。对于人类社会，大到国家治理、全球稳定，小到企业生产、市场营销，也都存在并需要控制活动。人行稳坐好也靠的是控制。更不用说在人类工程领域，各种系统装备和设备普遍存在反馈控制机构，但控制作为一个名词术语出现较晚。19 世纪 30 年代，Antoine-Henri Jomini 在其名著《战争艺术》中第一次使用了“Control of Operations”这一提法，并对军事领域的控制概念进行了阐述<sup>⑮</sup>。科学意义上，“控制”一词源自 N. Wiener (1894—1964) 的控制论。最早的指挥与控制模型是结合控制论建立的过程模型，而在指挥与控制领域长期占领统治地位的理论模型则是 20 世纪 80 年代后期由 John R. Boyd 创立的“OODA”模型。2000 年后，美军各军兵种先后将指挥与控制概念写入了作战条例。

从指挥与控制概念的发展可以看出，从古至今，指挥都有其一贯基本的含义，并与控制密切相关，而“控制”一词的发展则与现代科技紧密相连。今天，指挥、控制逐渐融为一体，合称指挥与控制。在国外文献中，统称其为  $C^2$  (Command and Control)，其后出现的  $C^3$ 、 $C^3I$ 、 $C^4I$ 、 $C^4ISR$  及  $C^4KISR$  都是对指挥与控制方式、方法、内容、体系结构、流程等的丰富、变化和提高。

指挥与控制是有目的的组织行为。指挥与控制这一概念伴随着现代科技突飞猛进和战争理论与实践不断发展。事实上，指挥与控制的内涵和外延一直随着时代的变迁、科技的发展在不断丰富、发展和演化之中。信息时代，指挥与控制的主体是信息。指挥与控制演变为决策者为完成使命任务，依据一定的目的，通过对相关各种要素的情报信息收集与评估做出决策，进而实现资源、任务和责任的分配并根据需要进行调整的活动。随着网络社会的发展，人与人之间、人与组织之间、组织与组织之间越来越多地通过网络进行不受时空限制的资源信息共享与互动。指挥与控制组织方式由集中式向分散式、边缘组织演化。有国外学者针对指挥与控制组织的内涵，提出“汇合”(Convergence)和“对焦”(Focus)两个新概念，即指挥与控制实际是使各个个体在时间和相关的组织使命任务空间以并行和协同的形式实现资源的有效汇合和对焦。在集中式组织中，以中心统一的指令行动；在边缘组织中，各个个体以自组织、自治的形式联合作战。对焦，强调提供环境背景并定义努力的目标而将多个实体整合到一起；汇合，强调多个实体根据组织目标动态行动，走向

<sup>⑮</sup> Antoine B. Jomini H. The Art of War[M]. New York: Greenhill Press, 1838.

一致的过程。此时，指挥与控制转变为一种引导和大系统管理活动。

信息时代，指挥与控制的内容体现为以信息为主导。指挥与控制主体（决策者）在寻求实现使命目标的过程中可以创造性地发挥主观能动性，包括对意图的建立和描述、对活动情况的掌握，进行任务分解与资源分配，对态势演化做出预测和评估，以及对解决问题方案进行建构与选择等。军事行动和非军事行动的区别仅仅在于，军事行动的指挥与控制含有丰富的体系对抗博弈行为；一般活动和非战争性军事行动的指挥与控制则以规划和计划为主。但它们都是包含安排、支配、协调、反馈等行为的有目的的组织活动。如图 2.1 所示，指挥与控制包括指挥与控制主体、指挥与控制客体和信息 3 部分。

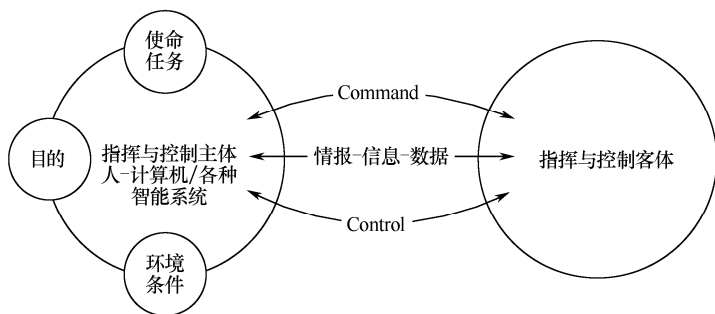


图 2.1 指挥与控制概念模型

其中，使命任务是指挥与控制的原始动力。为了完成任务、达成使命，就要因地制宜进行规划、计划，对任务进行分派，并在具体行动中对抗各种干扰和破坏、纠正偏差，直至实现目标。在农业社会、工业社会和信息化社会前期，指挥与控制的主体表现是人及现代科技人脑的延伸物——计算机及各种智能系统。在“OODA”模型中，指挥主体依据一定的目的，通过信息和认知对相关资源（包括平台、系统、人员、装备）在时间和空间上进行有序安排和组织，通过观察来了解外部世界。判断则是一个多方面的交互过程，包括价值观、历史传统、以往经验及当前环境信息等的交叉参考、相互关联和相互影响。在时空上的有序安排是指挥与控制组织的行为特征；信息和认知是指挥与控制的基础。指挥与控制主体不仅要进行决策和命令的发布，还要进行态势评估、计划制订和信息收集。同时，指挥与控制主体也是被客体和环境作用的客体。指挥有水平高低之分，与指挥主体的认识水平密切相关。不同水平的指挥，可能产生结果迥异的后果。因此，人们通常认为指挥是一



种艺术。人及现代科技人脑的延伸物——计算机及各种智能系统运用指挥与控制工具系统，支配、调度和操纵以人为中心的资源来实现目标。整个指挥与控制过程存在于客观物质世界和主观精神世界的物理域、信息域、认知域和社会域。

在后信息大数据时代，根据卡尔·波普尔（K. Popper, 1902—1994）的“三个世界”理论<sup>①⑥</sup>，世界可划分为客观物质世界（世界 1）、主观精神世界（世界 2）和客观知识世界（世界 3）。数据一旦产生，就将成为客观物质世界（世界 1）、主观精神世界（世界 2）之外的客观知识世界（世界 3）及其存在物，并将在世界 3 里按照自身指数发展的逻辑增长，具有客观性、自主性和实在性，并以其独特的主体性对其之外的客观物质世界和主观精神世界产生越来越强大的作用。如图 2.2 所示，在“三个世界”理论的指挥与控制概念模型中，大数据既是客体，也是指挥与控制的主体。大数据从二元的客观物质世界和主观精神世界独立出来成为客观知识世界的本体；平台、系统、人员、装备是客观物质世界的本体；人的思想、意志、情感及其延伸物构成主观精神世界。虽然三个世界相对独立，但在指挥与控制中，客观物质世界（世界 1）、主观精神世界（世界 2）和客观知识世界（世界 3）是融为一体的，即客观物质世界和主观精神世界向客观知识世界数据化、知识化；客观知识世界和主观精神世界向客观物质世界物化；客观知识世界向主观精神世界思想化；客观物质世界向主观精神世界精神化。在客观知识世界中，知识的增长、知识的生产、知识的更新等构成一个知识网络；在主观精神世界中，人与人之间的交流、碰撞和扬抑构成主观精神世界网络；在客观物质世界中，装备序列和作战体系构成一个物质世界网络。

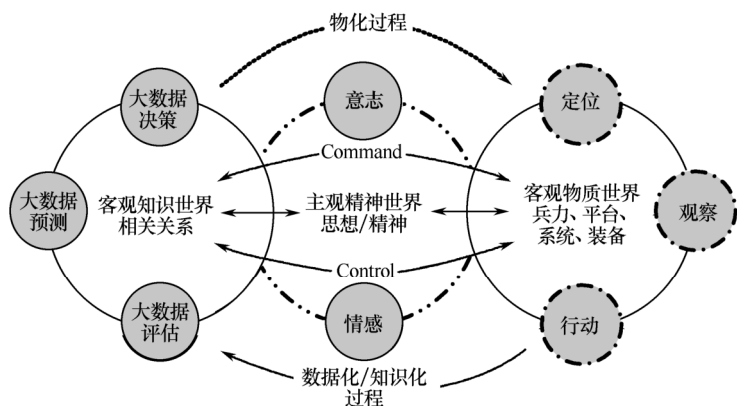


图 2.2 基于“三个世界”理论的指挥与控制概念模型

①⑥ 卡尔·波普尔·舒炜光，等，译. 客观知识——一个进化论的研究[M]. 上海：上海译文出版社，1987：163-172.



在“三个世界”理论中,指挥发生在主观精神世界,指挥客观物质世界,反映客观知识世界;控制发生在客观物质世界,反作用于客观知识世界,体现了主观精神世界。作为自然和人类活动结构的表征和体现,大数据是客观物质世界的反映,蕴含着这个世界所有的知识和结构,体现了客观知识世界和客观物质世界之间具有同构和同步关系。因此,基于客观知识世界的大数据知识和信息,可以预测、指挥和控制客观物质世界,即大数据指挥与控制通过主观精神世界由客观知识世界和客观物质世界的相互作用来实现。相对于传统抽样指挥控制和模型指挥控制,大数据不仅能提供更多额外的价值,而且能抵消一些错误数据的影响。

在“三个世界”理论中,目的依然是指挥与控制的动力所在,但指挥与控制本身不是目的,只是实现目的的手段。尽管在现代指挥与控制域中,从战场态势感知到融合判断形成决策,再到制订计划、实施决策、行动反馈是实证主义的,需要根据执行过程中的反馈信息随时进行调整。这些都可以认为是客观知识世界对信息的接收、处理和传递。在客观知识世界,知识是进化的、成体系的,也只有进化的、成体系的知识才是有价值和作用的。在智能化指挥与控制系统中,指挥与控制工具本身所具有的“融合、共享、联动”功能也可以有效融合指挥实体,共享感知态势,实现指挥与控制要素与行动要素的联动,达到最终将信息优势转化为决策优势、行动优势的目标。这可以看成传统客观物质世界“OODA”向客观知识世界“大数据预测”、“大数据决策”和“大数据评估”的迁移。层次上,客观知识世界中的大数据可分为信息、情报和知识三个层次;属性上,客观知识世界中的大数据可分为基础性信息、情报和知识,预测性信息、情报和知识,决策性信息、情报和知识及混合性信息、情报和知识四类。各类信息、情报和知识通过各种属性关系相关联。知识是指指挥与控制的主体在现代指挥与控制中是通过“人”(包括借助于各种系统、装备和设备)的表现进行的,追求的是情报、预测、决策和行动之间的因果关系。实际上,指挥与控制并不强调因果关系,只需要现实的情况和客观的反应。指挥与控制实际上是各种规划、计划和围绕目标的相互博弈,包括行动规划、计划、控制、协调、磋商、分配、预测、结果反馈和随时控制。某种意义上,现代指挥与控制表现为一种信息和数据处理活动与过程。指挥与控制手段和工具正逐步信息化、网络化、数字化、智能化、一体化。很多指挥与控制行为,特别是像战争这样的行为,是有目的和动机的行为。在大数据指挥与控制过程中,大数据通过客观知识世界的数据分析,可得到真实、全面的相关关系,在相关关系中突出因果关系,从而做出正确的判断;可通过大数据预测评估进行决策。这些均显示了大数据



作为客观知识世界知识本体的作用。从近几十年指挥信息系统的发展实践（从半自动化指挥控制系统 SAGE 到 C<sup>3</sup>I、C<sup>4</sup>ISR，再到基于全球信息栅格的网络使能系统 NECC）看，作战指挥与控制都是围绕信息与决策进行的，即通过不断深化和高效获取与利用信息适应瞬息万变的战场。以美军为首的军事强国已开始围绕“大数据”建设指挥信息系统，构建“从数据到决策”的能力体系。从这个角度看，大数据（包括各种情报、信息和数据库、知识库）将最终成为指挥与控制决策的主体，人（包括各种平台、系统和装备）将成为指挥与控制决策的执行者和载体，即逻辑上，大数据是指挥与控制的主体；物理上，人、系统、平台和设备是大数据指挥与控制的执行者和载体。因果关系被纳入相关关系之中。因果关系和相关关系在客观物质世界和客观知识世界相互结合。

因为现实指挥与控制的存在需要速度、质量和效益，因此就有了指挥与控制的方法和效能问题。就本体而言，指挥与控制方法空间包括决策权的分配、信息的分发和成员间交互模式的选择。<sup>①7</sup> 因此有集中式指挥控制组织和边缘性指挥控制组织之分。在客观物质世界和主观精神世界，有效的指挥与控制需要明确的指挥意图、中央的指导、分散的执行、通用的规则和互操作。指挥与控制主体做出的决策包含分配任务、明确各执行体的职责及相互关系，建立规则和约束，包括奖惩、激励和信任契约。在客观知识世界，大数据指挥与控制速度、质量和效能表现为大数据的广泛度、流量、高速处理的速度及处理的水平和协同能力。大数据确定价值目标集、任务集、资源集、规则集和边界。大数据指挥与控制本质上是放权周边的。<sup>①8</sup> 在顶层，大数据指挥与控制只遵循客观的知识世界规则，不需要人为统一的协议规则，但需要根据大数据明确各执行体的职责及相互关系，为执行层确立一致的规则和约束；在底层，所有行动实体实时按需共享大数据，按大数据世界确定的规则行动。

### 2.2.2 海上大数据指挥与控制行动的内容

如上所述，大数据时代指挥与控制的本质是利用大数据（技术）完成指挥与控制的组织和管理，达成使命目标。大数据指挥与控制的本质即大数据分析、决策和管理。大数据指挥与控制成为利用大数据（技术）的指挥控制与管理行动。大数据使现代战争演变为利用数据作战，使非战争性军事行动演变成利用数据进行规划和

<sup>①7</sup> David S. Alberts, 等. 赵晓哲, 等. 译. 理解指挥与控制[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

<sup>①8</sup> 另一种说法是边缘优势。

行动。现代海上指挥与控制行动是立体多维的活动，涉及多元的因素和广域的时光，需要处理庞大的数据。大数据通过处理所有数据（包括反馈数据）进行态势评估和决策，而不是抽样数据和局域情报信息进行指挥与控制，指导行动。大数据指挥与控制突出了客观知识在指挥与控制中的主体性，成为客观物质世界指挥与控制行动天然的本体。在工业社会，人们依据局域数据、抽样数据和片面数据，甚至仅仅依赖经验、理论假设和价值观去发现未知领域的知识和规律，实施行动或指导行动。这样做常常是肤浅的、简单的、有限的和扭曲的。大数据从客观知识世界的角度，以一种前所未有的方式对海量数据进行分析，获得有巨大价值的产品和服务，或深刻的洞见。

如图 2.3 所示，大数据指挥与控制通过数据情报获取，依托大数据技术从海量数据中提取有价值的信息，进行规划、推演，准确及时地掌握情况，分析态势变化和可用的资源，从数据优势达成行动优势。从经典指挥与控制到大数据指挥与控制，指挥与控制的主体、内容，域、方法、手段，组织结构和流程等都有了新的变化。在客观知识世界，大数据指挥与控制数据化、知识化、智能化；在客观物质世界，大数据指挥与控制工程化，物化为各种兵力、平台、系统和装备。

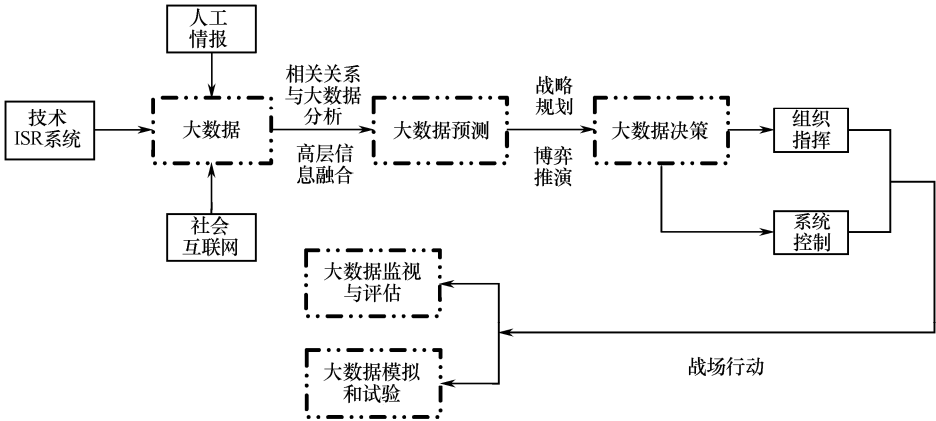


图 2.3 大数据指挥与控制的基本流程

1. 大数据情报信息获取（Intelligence & Information Acquiring）

大数据指挥与控制首要的、最显著的特点是依靠大数据，体现在大数据情报信息获取的空前广泛和多源。这不仅包括传统的指挥与控制行动所需要的历史情报信息和技术情报信息，更多的是覆盖所有角落的事物现象和活动的情报信息，以从所



有的大规模全域情报信息中获得过去样本数据无法得到的知识。

### 2. 大数据预测 ( Prediction by Big Data )

预测是决策的前提。大数据预测是一种对物质世界深刻理解和认知的复杂的、综合的、连续的判断活动，是客观知识、主观精神积极参与客观物质世界运动的系统过程，包括大数据（相关关系）分析和高层信息融合。在海洋行动中，大数据依托统计性的搜索、比较、聚类、分类、关联等进行模式识别和分析综合，得到一种综合性的、预见性的感知，包括对潜在的、未来的影响因素的预见和感知，提取隐含的、先前未知的具有现实价值或潜在价值的信息和知识，用以及时准确地掌握敌方的战略企图、作战规律和兵力配置，客观预判对手的作战构想和行为特点，准确地分析把握敌我力量对比关系和战场态势的发展变化，推动战场态势智能感知和指挥主体同步认知。大数据关注的是相关关系，但是人类的海洋行动和活动往往是有目的的组织活动或行动，事件背后往往具有因果关系或某种目的，加上因果关系的大数据相关关系分析是深化指挥与控制，提升其分析能力的核心要素。海上大数据融合从目标状态的信息融合拓展并上升到包括目标意图分析在内的高层信息融合和大数据融合。例如，从大数据中发现战争的苗头和征兆，战争可能发生的时间、地点，敌人的意图，得出敌移动导弹发射架等时敏目标的位置、航母的位置和可能航线、敌潜艇航线，从大数据中找出敌作战网络的关键节点并发现敌人潜在的作战结构，得出敌指挥官的性格特点，发现类似本·拉登那样的全球目标，等等。

预测的结果指导战略规划和博弈推演，指导搜索、探测、监视、决策、跟踪等活动。

### 3. 大数据决策 ( Decision by Big Data )

在复杂多维的海洋行动中，情报、预测、决策是一体的。感知和共享感知仅仅是作战主体正确采取行动的依据，真正的行动还需要通过指挥与控制主体的认知和认知交互来进行。核心是决策。感知和共享的感知进入客观知识世界的主体表现（如人、信息系统）的认知域后，不同主体表现的认知可能是不同的，反应也可能是不同的。这既有出发点不同的原因，也有能力差异的因素。大数据决策包括高层关联和信息融合，通过客观知识世界的大数据分析，得到真实、全面的相关关系，从而做出正确及时的决策。譬如利用大数据进行海上行动规划和资源调配，利用大数据拟定作战计划，进行兵力指挥协同、行动指挥、火力控制、传感器控制，包括

有人装备系统和无人装备系统之间的协作；进行作战空间感知，实施战场管理，完成联合行动。

此外，大数据指挥与控制不只研究己方的行动目的和使命任务，还通过大数据掌握敌方的目的和使命任务，从而使指挥与控制行动更具有针对性和博弈优势。

#### 4. 大数据监视与评估 ( Surveillance & Evaluation by Big Data )

效果是所有行动的出发点和着眼点。通过大数据对战场监视，不断对各种实体行为和行动效果进行评估，对整体指挥与控制行为和后果进行预测，动态地协调各个实体的行动并合理分配战场资源，最后达到最终的目的。

#### 5. 大数据模拟和试验 ( Simulation & Test by Big Data )

“预测未来最好的方法，就是去创造未来。”<sup>①9</sup> 大数据指挥与控制可以反复分析、研究、试验、推演；可以通过大数据模拟某些现象，揭示规律。在真实行动中，可以进行嵌入式/平行仿真。大数据使得指挥与控制实验化。

大数据分析带来了思维方式的变革，突破了传统指挥与控制的窠臼。海上大数据指挥与控制，无论是范围还是内涵都发生了重大变化。大数据分析对指挥与控制的信息收集、处理、分发和利用的各个方面和环节都直接产生作用，提升了指挥与控制的层次和能力。海上大数据指挥与控制变成了“基于海上大数据分析的行动决策和管理”。

## 2.3 海上行动指挥与控制的组织形态

众所周知，组织产生力量，优势组织产生优势力量。工业时代的组织多是条块分割、集中统一的架构，信息沿权力轴线垂流动，边缘采集的信息和请示逐级向中心汇报，中心做出的指令逐层向边缘下达。集中式组织虽然有效贯彻了顶层的意志，方便中心统一的指挥和领导，却不利于边缘实体能动性的发挥，而横向的彼此阻隔在规避混乱的同时也限制了边缘实体间的有效协作。随着网络信息时代的来临，网络能力和制信息权成为不断强化且影响与日俱增的一种决定性能力。与以往的指挥与控制相比，在大数据海上行动指挥与控制中，以知识为中心，基于网络的指挥与控制将成为大数据在作战能力生成、增效机制、战局控制、胜机把握及体系功能维系方面把信息优势转化为决策优势的核心工具。

<sup>①9</sup> 目标管理 (MBO) 概念的创始人、管理学之父 Peter F. Drucker (1909—2005) 语。



## 2.3.1 海上行动的主要组织形式

科索沃战争、阿富汗战争、伊拉克战争等高科技局部战争显示,以知识为主导,各参战实体实时联动,以信息增值应用为内容的多平台一体化联合作战已成为现代战争的主要组织形式。战争演变为信息战、知识战和网络化作战。梯次推进的串联式行动组织向立体同步的并行方式转变。能否自由地利用信息及会否应用知识是战争胜负的关键。信息跨域共享与协作成为现代战争的基本概念。其内容包括信息和知识的获取、处理、分发和应用,并贯穿于整个物理域、信息域、认知域和社会域。

### 1. 集中式组织和边缘性组织

在自然界和人类社会,个体总是以不同的形式存在于各类组织之中。概略而言,这些组织可以分为两大类,即集中式组织和边缘性组织。每类组织有多种不同的形式及其生存环境。工业时代的组织多是条块分割、集中统一的架构,信息沿权力轴线垂直流动,边缘采集的信息和请示逐级向中心汇报,中心做出的指令逐层向边缘下达。集中式组织虽然有效贯彻了顶层的意志,方便中心统一的指挥和领导,却不利于边缘实体能动性的发挥,而横向的彼此阻隔在规避混乱的同时也限制了边缘实体间的有效协作。而不确定性和多任务的挑战使得传统集中式军事体系组织的弱点暴露无遗,特别是随着精确制导武器、高超音速打击兵器的问世,现代战争已进入“手术刀”时代和读“秒”时代。由此,构建敏捷的作战系统组织体系,转变战斗力生成模式,创新联合的战略战术等就成为组织变革的需求。

大系统理论认为,任何一个系统都是和其他系统联系在一起而起作用的。其效能和生存力取决于其实体组织连接的方式和水平。联合作战既是多种实体、作战平台、系统和战场环境结合在一起与敌对抗的组织过程,也是各种物质、能量、信息全面开放,在战略、战役和战术的不同层面和指控、火控的不同粒度上“聚合”和“对焦”的过程。各个作战实体在环境和整体使命的制约下相互制约、相互配合、相互协同。同时,各个实体、平台和系统又具有相对的运行独立性和管理独立性。联合作战在某种意义上是团队作战,其优势在于优势组织,包括组织结构的调整和运行流程的重组。<sup>②</sup>随着信息技术和网络技术的发展,现代作战时空和机械化战争时

<sup>②</sup> 组织是与一定环境相联系的使命与结构的集合体,其行为涵及任务规划、组织资源、组织策略、信息联系、指控关系等。

代相比有了质的变化,作战空间大大拓展,时间空间相互交织,不同军兵种、不同平台和实体间的关系错综复杂,贯穿于整个物理域、信息域、认知域和社会域。实体从严格等级、层次分明的集中式组织转到使命任务型的边缘性组织,个体的生存与发展已从个别的联合经由整体的集中后又走向新的分散。分布式网络化作战已经超越了单纯的技术层面而广泛涉及现代社会对信息时代的新的响应问题。

在集中式等级组织结构中,有一个统一的中心。中心实体拥有权力和地位,居于顶层;边缘实体位于底层。如图 2.4 所示,信息沿权力轴线垂直流动,边缘采集的信息逐级上报到中心,中心做出的指令逐级下达到边缘,横向联系很少。显然,这种“金字塔”结构是条块分割、机械和僵化的。组织的战斗力依靠等级的结构和严明的纪律,特别有赖于中心领导超群的智慧、卓越的领导力和个人魅力。

与这种“金字塔”型集中式等级组织相反,在边缘性组织中,不存在一个统一的中心;除了纵向的垂直关系外,还有横向广泛的交叉联系,各实体之间可根据使命任务灵活地进行编组。如图 2.5 所示,整个结构呈现扁平化,组织的力量从中心分布到边缘。体系运行类似于社会市场经济,权力由中心前移,力量从各处产生。组织整体的力量由个体的创造涌现,只有在必要时才需要外界干预。

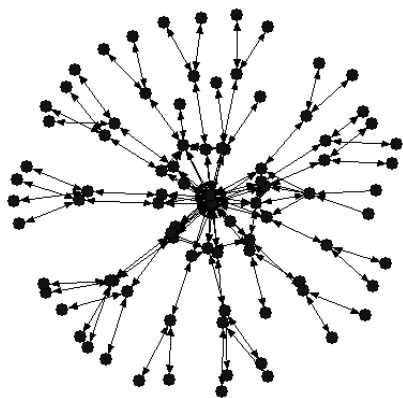


图 2.4 传统的集中式等级组织

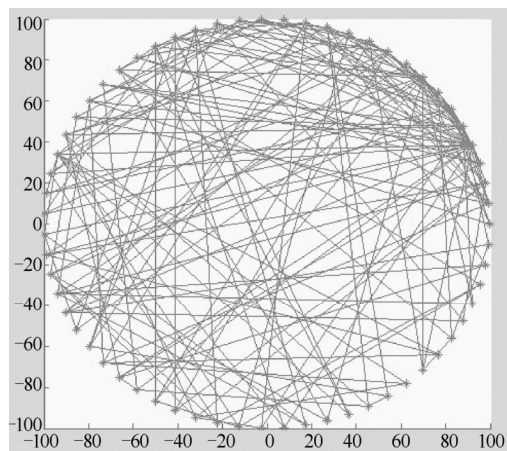


图 2.5 强调横向联系的边缘性组织

集中式组织的适应机制依靠自下而上的逐级反馈和由上而下的逐级控制（目标控制）框架,适应环境的环节多、时间长、时效差;边缘性组织的适应机制源于复杂系统对环境的自适应机理,包括自反馈、协同、使命任务,来源于一种网络化的协同共享效应。其控制框架在于所形成的扁平化的复杂自组织系统。相较于集中式



组织对信息和权力的体制性垄断，边缘性组织将信息和权力放于边缘。集中式组织通过上级指令行动，边缘性组织通过设立边界由边缘实体根据任务自主进行行动。显然，边缘性组织具有强得多的组织灵活性、适应性和韧性，具有反应灵敏、灵活多变等特点。信息共享与协作成为边缘性组织的基本概念。

与所有组织一样，边缘性组织的内涵包括系统、环境、使命任务、功能、目标、效能、演化等要素。边缘性组织本质上属于开放的复杂系统组织。首先，使命、目标是组织存在和发展的内在依据。其次，任何组织都存在于一定的环境之中，在环境中生存、发展、运动、变化，与环境相互作用。边缘性组织的各个个体之间存在各种线性和非线性作用，这些作用将各个个体连接成一个有机整体，使组织具有任何一个个体所不具有的性质和功能。

## 2. 分布式扁平化联合作战体系

不同的时代，优势组织有不同的表现形式。但不论何种组织形式，其目的都在于使组织更加敏捷，使高级指挥机关有能力接受更多的变数，同时尽量减少低级指挥机关所需面对的变数。<sup>②</sup> 军事组织是人类社会中一类具有明确目的的特定组织，具有强制性、目的性和使命任务性。军事组织结构的模式和形态随着时代的变迁、社会的发展、技术的进步不断演化。就作战体系而言，边缘性军事组织是基于组织中实体运行独立性、管理独立性之上的一种分布可变扁平化系统体系组织。组织的运行和战斗力的生成有赖于组织中实体相互之间的有序协同与配合，依赖于组织明确的使命和目标。相应的运行机理由组织的目标、组织实体之间的相互作用及外界环境决定。在目标、环境、力量、时间、空间诸范畴内，各个实体要素之间围绕着目标打击、资源管理、信息增值、效果评估将产生情报、指挥、控制、通信、导航、精确保障等各种关系，并具体落实到情报侦察监视、作战指挥控制、通信导航、火力打击、电子战、损害管制等各个功能系统、设备和体系结构上。指挥与控制网络更加扁平化、网络化，并形成横向连通、纵横一体的动态优化控制的功能体。现代海战，信息已渗透到了战争的每个环节和领域，涉及战场环境、兵力部署、平台机动、火力控制与运用、信息对抗、物资补给等诸多方面。从作战到后勤保障，从空天、地面、海洋、电磁到心理，贯穿始终的都是信息和信息流。具体的环境、组织的任务和技术基础决定着军事组织体系的运行模式。指挥体制的变革，主要体现在由原来的平台中心战向网络中心

<sup>②</sup> Martin van Creveld. *Command in War*[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985: 274.



战转变。边缘性军事组织在网络和信息技术发展的基础上，其作战体系借鉴网络化的结构形式，以灵活的结构重组和集成适应环境的变化，以系统组织的敏捷性提升系统体系的作战效能。相对于传统集中式军事组织，边缘性军事组织体系从线式、垂直的组织结构不断向非线式的网络化结构演化。军事组织越来越现代化。

如图 2.6 所示，在海上作战中，以大数据为支撑，相关力量彼此融合、相互支撑，构成立体作战体系，各种兵力兵器和平台融于体系之中并以体系的形式对抗。现代海上作战已呈现出数字化和体系对抗攻防的突出特点。

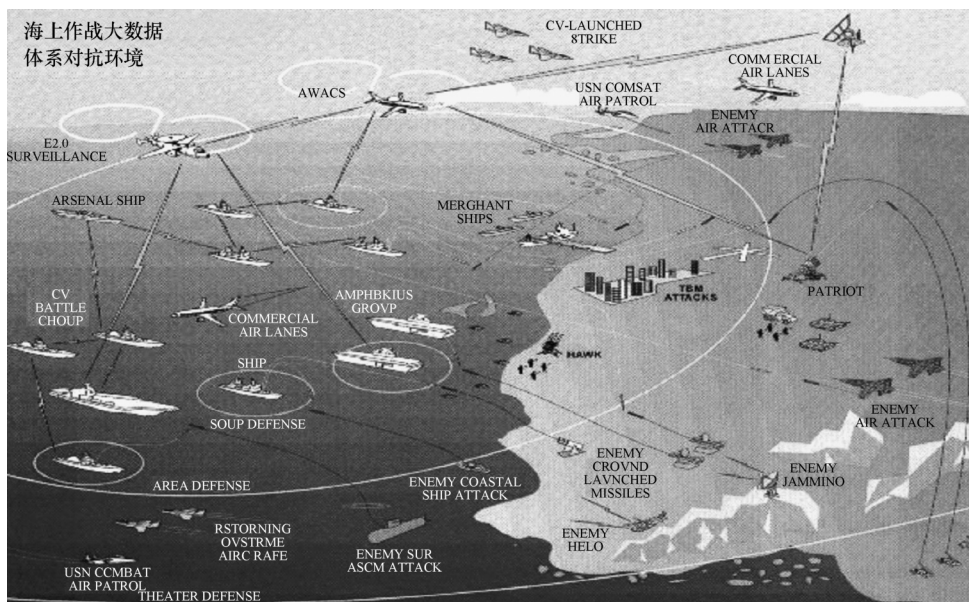


图 2.6 海上作战大数据体系对抗环境

优势组织的内容包括使命任务空间、实体集、实体之间的协同、指控关系，贯穿于整个物理域、信息域、认知域和社会域。边缘性军事组织的实体由于边缘性组织的特点，作战力量前移。运行时，边缘性军事组织表现出观察全维化，获取的信息广泛分发共享；组织结构扁平化，决策分布化；后勤保障就近化；各作战实体行动前沿化、一体化。边缘性组织可显著增强组织体系应对外界挑战的灵活性，提升系统的反应速度、增强组织的作战效能。

多目标、信息化作战环境进一步促使作战体系从集中走向开放综合，以适应平台中心战向网络中心战的转变。对外行使功能时，边缘性组织可根据使命任务自组织灵活的空间交战链。从体系组成的结构层次看，联合作战组织是扁平化的，并以



网络化的形式存在。分布式、网络化，作战指挥的层次结构由“树状”结构向“扁平化”结构转变。

按照目前军队结构组成的标准形式，基于现代信息系统的海上军事组织可如图 2.7 所示分为 4 层，即最高政治层、联合作战指挥层、军兵种层和平台层。其中，军兵种层将来可能弱化或最终消失。

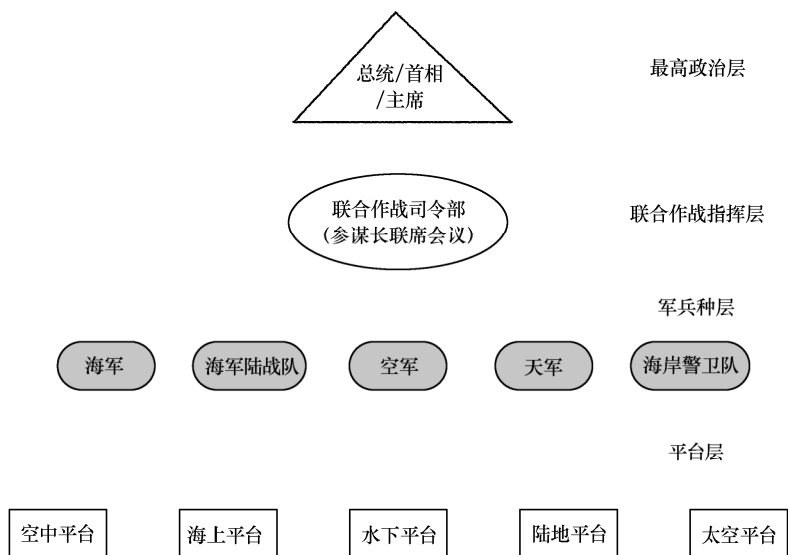


图 2.7 边缘性军事组织层次结构

在军兵种平台这个层次，每个平台都可能是一个节点。海上行动平台之间可以组、分队、编队或“群”的形式进行联合作战，<sup>②②</sup>即以属性编组（群）或按照任务分群（组），依据使命、环境、条件实施自主或协同的海上联合作战。边缘性组织层次是相对的。现代的联合作战司令部、海上联合编队、海上支（联）队组织相对于传统的总参谋部、军区、军兵种司令部、舰队、支队、分队而言是边缘性组织。将来的陆、海、空、天平台甚至单兵战士可通过公共作战图（COP/CTP）直接与最高指挥层沟通，可谓更高水平的边缘性组织。在不同层次和平台间由智能化信息网格连接驱动形成分布式体系组织结构。这种跨越不同层次的分布可变扁平化结构，也就是现在可以预测到的未来作战结构的雏形。

②② 海上典型编队如航母战斗群、两栖（远征）打击群、驱护航支队、快艇编队等，担任海上作战、近海防卫、两栖登陆、护航等任务。

### 3. 作战模式和具体的组织形式

在体系组织的时空结构中,海基、空基、天基和陆基各作战实体和平台相互协同、相互支援、相互补充,相关功能有机集成,整体作战力量被赋予了多种变化模式下的行动功能。作战模式由传统的平台中心战向网络中心战转变。组织形式网络化,指挥控制组织更加扁平化,并形成横向连通、纵向一体的指挥与控制体系。海上多平台联合作战模式主要有三种:一是无限中心作战模式,即有一个无限权力的指挥控制中心,该指挥控制中心既可能是岸基指挥控制中心,也可能是编队或群作战指挥中心,处于顶层,指挥控制中心不但向各作战平台指定目标、分派任务,还具体控制完成任务的方法和途径,所有参战平台都在该指挥控制中心的绝对控制之下;二是有限中心作战模式,即有一个有限权力的指挥控制中心,它向各作战平台指定目标、分派任务,但不控制具体完成任务的方法和途径,各参战平台在完成任务时有一定的临机处置权;三是无中心网络作战模式,在这种模式下,分布的各平台和兵力工作在一个虚拟的问题空间(任务空间),不存在一个集中统一的作战指挥控制中心,各作战平台都是相对独立的自治的实体,依据使命任务和统一的全局/局部战场态势图,自主协同、相互协作、联合作战。

从目前的技术水平和实际作战情况看,现代海上作战应用模式大多数是有限中心作战模式。从未来发展的趋势看,无中心网络作战模式是多平台作战组织发展的方向,即以“群”的方式联合作战,每一个平台作为一体化网络作战体系中的一个节点而存在。此时,各平台应具备较高的智能化程度和自动化水平,具有管理独立性。具体的组织形式如下。

#### 1) 单平台视距内突击作战

单平台视距内突击作战即单平台在自身视距内,对任务区域目标进行侦察、情报搜集、监视,对目标进行跟踪。具有“侦察-打击”一体化能力的单平台可在视距内对目标实施攻击,与敌空中目标进行遭遇战斗,以及在视距内为己方目标实施掩护等。

#### 2) 单平台中继视距外突击作战

在视距外,单平台通过体系内的卫星、空中直升机、无人机等中继平台接收战场环境情报和目标状态信息,引导单平台的精确制导武器和非制导武器进行超视距打击;通过卫星中继接收岸基指挥控制中心或“群”指挥控制中心的指令进入视距外指定区域执行作战任务,以及将自身所获取的信息和情报传递给岸基指挥控制中



心或“群”指挥控制中心。

### 3) 多平台数据中继视距外作战

在视距外,多平台编队或“群”通过体系内的卫星、预警机、舰载直升机、无人机等中继平台接收战场情报和目标信息,引导多平台编队或“群”的精确制导武器对目标进行超视距打击,并通过卫星、预警机、直升机等中继将多平台编队或“群”所获取的战场信息和情报数据传递给岸基指挥控制中心或“群”指挥控制中心。

### 4) 多平台协同作战

多平台协同作战指多平台以编队或“群”的形式协同作战:一是水面多平台之间的协同作战,如一艘导弹快艇与数艘水上无人 AUV 协同作战,利用水上无人 AUV 对敌实施侦察、分布式干扰,导弹快艇伺机进行突击;二是水面平台和空中平台之间的协同作战,如空中作战平台先行对敌侦察、实施突击,待取得一定战果后再由水面舰艇完成后续作战任务,或由空中平台取得制空权之后,再由水面舰艇实施要点突攻;三是水面和水下平台协同作战,如水面和水下平台协同实施反潜,或联合对陆打击等。

### 5) 多平台、多系统联合作战

多平台、多系统联合作战即海上和水下作战平台联合空基、陆基和天基力量进行协同作战,如轻小型水面舰艇协同大中型水面舰艇、水下潜艇、有人/无人空中飞机、卫星、陆基力量联合进行作战。

## 2.3.2 一体化联合行动网络

现代海上作战,各个参战实体以组织的形式与目标交战。一方面,多维空间中的各个作战单元或要素通过数字化网络连接起来,构成互连互通、互操作的自主对接平台,生成异地分布的虚拟作战实体和组织;另一方面,战场空间矢量化,通过数字化,形成数字一体化。两者的根本目的是控制战场资源和各种活动信息,夺取和保持信息优势,将战场资源和信息资源紧密结合起来,形成行动优势。其各个要素必须有机地结合起来,构成运行协调的整体,并快速适应战场环境的变化。

### 1. 网络使能系统 (NECS)

组织的目标在于行动。组织的目的和使命任务是推动组织运行的基本动力。针

对组织的目的和使命任务,各个个体在时间和相关的组织使命任务空间以并行和协同的形式实现资源的有效汇合(Convergence)和对焦(Focus),在边缘性组织中以自组织、自治的形式联合作战。

20世纪末,美国海军提出“网络中心战”的概念,明确21世纪要用革命性的信息优势和展开的、用网络连接部队能力,通过“部队网(FORCENet)”将作战人员、传感器、网络、指挥与控制、平台和武器综合成联网的、分布的作战力量,而且是可缩放的作战力量,使作战精确性、到达范围和连通性达到一个新的联合作战阶段。在网络化作战背景下,2006年,美国国防部信息系统局开始部署基于Web服务的联合指挥与控制系统(Joint Command & Control, JC<sup>2</sup>)。JC<sup>2</sup>以提高互操作能力为目标,通过以天基和空基为重心的多传感器信息网络将情报、侦察、监视、导航、气象预报等连接在一起,战场变得相对透明。1997年,美军响应“制敌机动、精确打击、全维防护、聚焦后勤”等概念提出全球信息战构想,引入了卫星网络通信和机载指控系统,促成海、陆、空、天情报侦察监视系统、通信导航系统、计算机网络与指挥系统和海空一体打击体系的有效集成,提供满足不同层级、不同用户需求的不同粒度和视野的一致作战态势图,为各战区和平台提供一个集成的作战计划编制和评估工具及其他支持服务,大大拓展了指挥与控制的范围和功能内涵。20世纪末至21世纪初,在监视技术、计算技术、网络技术和现代通信等技术深入发展而又密切结合的推动下,特别是快速网络技术的发展,使得工业时代指挥与控制体系的面貌发生了重大变化。各级、各类战场指挥控制节点及其关联关系所构成的指挥控制网络已成为指挥员与战场及其周围作战要素交互的手段。基于数字化C<sup>4</sup>I系统,目前美军士兵可以自动化的方式观察友军和敌军的活动及补给的运送,接收态势和情报报告并监视空域。先进的电子化无人空中视频监视、卫星成像和大量其他信息收集网络提供了实时的态势感知。众多参谋和指挥系统通过源源不断地在全球范围实时传递的信息、情况分析和命令,通过“o2o”/“Face to Face”<sup>②3</sup>的输入为指挥官们提供决策支持。这种系统提供有关友军、敌军、中立方和非战斗地点的准确信息,提供指挥官特别关注、特别需要的通用和有价值的情报和数据。网络连接改变了机械化作战时空组合的形态。以知识为中心,指挥与控制体系向以松散耦合和定制为特征的、面向服务的网络化指挥与控制体系演化。信息共享、信息使用

②3 起源于人们在商业中的一种线上/线下交互模式。



和增值应用成为一体化联合作战网络的特征。

所谓网络使能系统（NECS）就是各种作战行动实体根据属性、目标和使命任务相互作用连接成网，基于知识，以网络为中心组织驱动作战行动。在前述“三个世界”理论中，知识的增长、生产、更新等构成客观知识世界网络；人与人之间的交流、碰撞和扬抑构成主观精神世界网络；客观物质世界中，装备序列和作战体系构成客观物质世界行动网络。各个行动实体围绕使命任务相互作用，通过与外界环境的相互作用，适应环境并实现目标。在行动中，依据先进的网络及其潜能，各种实体相互连接形成一个动态的、分布可伸缩的、信息共享的有机整体。整个网络是联合行动的主体，各个实体、平台和系统都是这整个网络的节点。其行为包括以下四个层面。

### 1) 感知（Perception）

感知是指挥与控制主体获取目标和环境信息的各种活动的总称，包括搜索、探测、监视、跟踪等活动。在海战场，感知是作战主体采取所有行动的依据，既是判断战场态势、定下决心，跟踪打击目标的依据，也是确定作战效果的依据。感知和共享感知还是作战主体相互协同的依据。现代战场范围广大，环境复杂，变化快速，只有相互通知、相互补充、相互印证、相互提高，彼此才能及时、完整、可靠地感知战场和行动，从而采取正确行动。

### 2) 认知和认知交互（Cognition）

在复杂的战场行动中，感知和共享感知仅仅是作战主体正确采取行动的依据，真正的行动还需要通过指挥与控制主体的认知和认知交互来进行。感知和共享感知进入指挥与控制主体的认知域后，不同指挥与控制主体的认知可能是不同的；对同一认知，不同主体的反应也可能是不同的。这既有出发点不同的原因，也有认识能力的差异。作战是一个活力对抗的过程，不仅敌对双方作战是一种活力对抗，联合作战指挥与控制主体之间的认知交互也是一种活力对抗。只不过前者是对抗性的对抗，后者是合作性的对抗而已。

认知和认知交互是对作战意图的共同理解，是思维领域和认知领域的交流活动。

### 3) 协作与同步（Synergetic）

在认知和认知交互的基础上，指挥与控制主体根据使命任务、环境和各自的状态彼此沟通、相互选择、相互配合，自主地采取一致行动。为同一个目标，各作战主体在行动上自主协同、相互配合的一致行动称为自同步或同步。同步是联合作战

指挥与控制的重要内容。它是网络化行动主体节点之间在统一的目标、共同规则和价值增值追求基础上的互动行为，既包括配合行动，也包括纠偏行动；既有顺序关系，也有并发关系。

同步可以在不同层次和领域实现。在网络化作战中，不同的指挥与控制组织结构，同步的性能是不同的。

#### 4) 效果评估 (Evaluation)

效果是感知 (Perception) — 认知和认知交互 (Cognition) — 协作与同步 (Synergetic) — 效果评估 (Evaluation) 的出发点和着眼点。行为结果和作战效果要及时评估，以便不断协调各个作战行动主体的行动和指挥与控制资源的合理分配，最后达到最终的目的。

在客观知识世界，指挥与控制的主体是客观知识，其网络是数据、知识和智慧构成的知识体系网络，其网络平台是大数据云计算平台网；在客观物质世界，其网络结构是兵力、系统、装备运行网；在主观精神世界，其网络结构是人脑及科技人脑的延伸物——计算机及各种智能系统，在客观知识世界的作用下，其选择和判断是一个多方面的交互过程，包括历史传统、文化传统、以往经验及当前环境信息等交叉参考，追求的是情报、预测、决策和行动之间的因果关系。如图 2.8 所示，围绕“PCSE”，大数据指挥与控制网络结构由“三个世界”中的三维立体交互行动网构成：第一维是客观物质世界中的兵力、平台、系统、设备运行网；第二维是客观知识世界中的大数据云计算平台网；第三维是主观精神世界网。

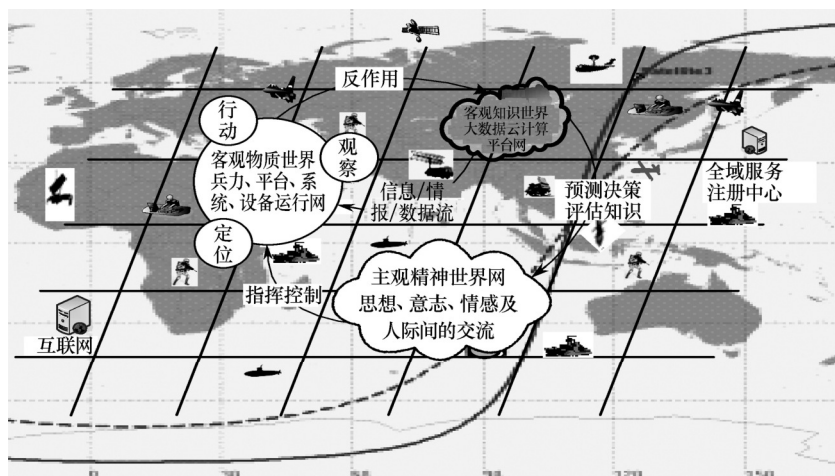


图 2.8 “三个世界”中的三维立体交互行动网



通过网络通信,“三个世界”中的三维立体交互行动网成为一个整体。客观知识世界中的大数据成为指挥与控制行动的主体,客观精神世界中的人及科技人脑的延伸物——计算机及各种智能系统成为指挥与控制决策的接收者和执行者,客观物质世界的各种装备、系统和平台成为指挥与控制的具体实现者。

### 2. 关键节点及随作战迁移的作战重心迁移

在作战行动网络中,达成目标、使命、任务的作战网络构成称为“核心子网”,是作战网络的重心。客观物质世界中获取信息和传递信息的卫星、移动自组织网络、通信与指挥控制中心等通常是网络化作战行动的关键点,称为关键节点。客观知识世界中的各类数据库、大数据云计算平台和数据链路无疑也是关键节点。

在大数据指挥与控制中,指挥与控制网络将根据使命任务变化、节点及节点间的关系变化自适应调整 and 变化,导致作战网络结构、规模变化。作战重心迁移是指作战网络中的“核心子网”在整个作战网络中位置的变化或地位的变化。在网络核心迁移过程中,网络化效果的中心可以从一种链路和节点的子集迁移到另一种链路和节点的子集上。作战重心迁移是指挥与控制网适应作战环境和任务的变化,其特征值也会相应改变。

## 2.4 典型的海上大数据指挥与控制行动

人类的海洋行动内容极广,包括海洋经济活动、非战争性军事行动和战争性军事行动。海洋经济活动主要是与经济 and 贸易有关的人类活动。非战争性军事行动指不涉及战争的各种行动,包括海洋监视、海洋执法、反恐护航、海上救援、国际维和等;战争性军事行动主要是海上作战。战争性军事行动是国家意志和地缘政治发展到最后不得不用战争解决的一种选择。

无疑,现代海洋是大数据汇聚的领域。人类的各種海上行动组织和指挥控制十分复杂,涵盖战争性军事行动领域的指挥与控制 and 非战争性军事行动领域的指挥与控制,典型的包括防空反导作战指挥控制、封锁与反封锁行动指挥控制、登陆与抗登陆作战指挥控制、反潜驱潜行动指挥控制、护航与反海盗行动指挥控制,以及海上应急救援行动指挥控制等。



## 2.4.1 防空反导作战

自航空器出现以来,空中目标一直是海上行动最大的威胁。这种空中威胁来自空中侦察、监视、攻击、干扰,以及与此相关的空中探测、情报与通信等。相应的空中目标有各种有人和无人的侦察机、轰炸机、歼击机、巡航导弹、空中制导炸弹等。由于技术的发展,现代空中平台和空中兵器的作战范围越来越大,高度从掠海几米到上百千米的临近空间,距离可以从几十千米至几百千米之外。同时,随着技术的发展,空中平台、兵器和制导弹药的飞行速度越来越快,弹药制导精度和超视距攻击威力空前提高,其对海上各种平台和系统的威胁空前增大。尤其是近十几年来,越来越多的隐形飞行器问世,给空中目标的发现、识别、跟踪带来了严重困难。防空反导也就成为海上行动和海上作战的首要内容。

防空反导顾名思义就是在作战任务区域发现、识别、跟踪空中目标,并视情予以警告、驱离和击落。在上述大范围的空间,防空反导作战成功的关键要素是早期预警和可靠的识别、跟踪和目标监视。其中,大数据可以从战略、战役和战术的不同层面和针对高、中、低不同空间的目标进行早期预警、分类识别和重点跟踪,对防空反导效果给予及时评估。

作为现代防空反导指挥与控制的大数据既包括传统的战术技术情报信息数据,也包括非传统的各种相关情报、信息和数据,如历史数据、航班信息、互联网信息、实时天波数据、新闻报刊信息、人工情报,以及空中预警与导航数据、预警卫星数据、电子侦察/报警系统数据、目标综合识别系统数据等。协同防空反导作战利用天基、空基预警、侦察、监视力量的高度和速度优势可以对空中、海面、一定深度的水下及地面目标和电磁目标进行大范围重点预警、侦察和监视。大数据实现对海上防空反导的指挥与控制作用,与舰船编队指挥中心、岸基作战指挥中心、空中指挥所,以及目标指挥引导系统等互联,彼此连通和互操作,形成一体化的预警指挥控制网,构成敏捷、快速的防空反导作战体系。近年来,美国国防部高级研究计划局(DARPA)在应用大数据手段分析、判断进行防空反导作战中,启动了一项名为“Insight”的项目。该项目旨在开发更多源的资源管理系统,解决目前ISR系统的一些不足;通过大数据自动化和人机集成推理,使得能够提前对时间敏感的、更大威胁目标进行分析;通过分析图像和非图像的传感器信息和其他来源的信息数



据，在第一时间发现、识别不同距离和高度、不同类型的空中目标，判断来袭空中目标的种类、属性、意图、数量、特性，识别战争和非常规战争行为；针对不同等级高、低空威胁目标，引导己方飞机、舰船优先占位，实施高效指挥与控制。目前，该项目第一阶段的承包商 BAE 系统公司和 SAIC 科学应用国际公司已完成了下一代 ISR 开源数据采集和资源管理系统的设计；第二阶段将在此基础上建立一个全球综合性 ISR 分析框架，进一步提高数据处理效率，不断提升大数据分析预测评估能力。

利用大数据空间预警侦察情报网络，可区别气球、民航飞机、大型飞鸟、来袭敌机和导弹，指挥引导空基、海基和陆基反导武器系统对敌威胁目标进行多维、多层次的打击。如图 2.9 所示，陆、海、空、天一体的兵力利用大数据和多维的作战力量优势进行立体防空反导作战，可使用天基激光武器、防空导弹和动能武器摧毁敌方的飞机、导弹等目标。

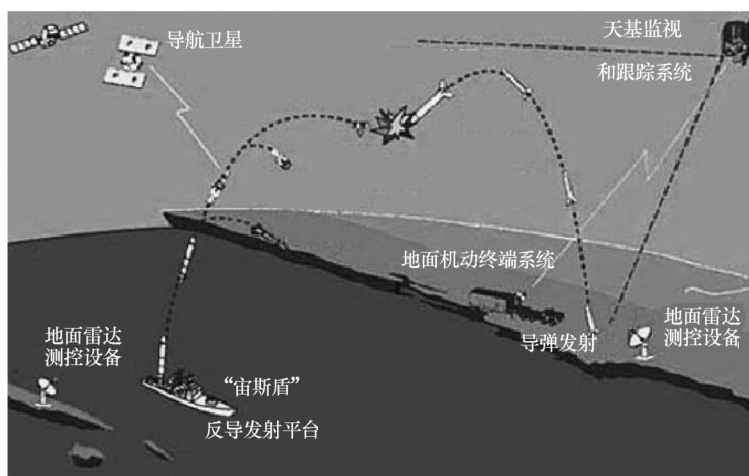


图 2.9 海上多平台协同防空反导作战示意图

在海上防空反导指挥与控制中，较为常见和有效的是由单平台独立防空反导发展成多平台协同防空反导，即针对空中目标平台、来袭制导弹药的属性和性能，协调天基、空基、海基和陆基防空预警作战平台和系统，联合进行防空反导作战。在层次上，协同防空反导作战分为战略性防空反导作战和战术性防空反导作战两大类。战略性防空反导作战主要针对威胁极大的敌远程洲际弹道导弹等空中飞行物，美国倡导的 NMD 作战即属于此类。战术性防空反导作战则是针对一场战役或某个战区的防空反导作战，美国执行的 TMD 作战即属于这类，主要对象为反舰巡航导弹、

战斗机、直升机等一般目标。对于海上联合作战,其防空反导作战往往兼具战略和战术双重性质。在种类上,协同防空反导作战分为点防空反导、面防空反导和直接打击平台防空反导三类。在作战方式上,有集火作战和梯次作战两种方式。作战时,不同防空反导兵力和火力分别执行点防空反导、面防空反导和直接打击平台防空反导任务,三者的行动是有机结合在一起的。其中以直接打击敌相关平台的攻势防空反导作战效果最为显著。

## 2.4.2 封锁与反封锁行动

封锁作战,又称“饥饿战”,是通过阻绝被封锁对象与外界的交通、物流、人流,切断其与外界的关联和相互支援以达到“不战而屈人之兵”的一种作战样式。封锁作战在海战、陆战、空战中都存在,即海上封锁、陆上封锁和空中封锁,表现为陆上封锁线、海上封锁线和空中禁飞区,以及电磁信息屏蔽。在海上,封锁主要指海上封锁和空中封锁。根据封锁的形态和程度,海上封锁作战可分为海上有限封锁作战和海上无限封锁作战两种。海上封锁作战可以独立的形态存在,但更多的是配合政治、经济、外交斗争,以及其他的军事行动。封锁作战往往和拒止/反介入联系在一起,封锁的对象或区域包括海岛、港口、沿海军事基地、海湾和海峡。

封锁作战的目的是什么,封锁什么,封锁范围、封锁程度如何,何时何地、采取什么样的形式,使用什么方式和手段,封锁的效果如何,是海上封锁作战需要重点研究确定的内容。第一次世界大战期间,英、德两个欧洲交战国都是自然资源极其匮乏的国家。仅粮食一项,当时英国每年的粮产只能供应 1/3 的需求量,其余 2/3 需要进口;德国战前的粮食也极为匮乏,总仓储量仅为 410 万吨,只能满足国内 1/4 的需求。其他如棉花、石油、橡胶、铜、锡等有色金属也极度匮乏,需要大量进口。这使得双方不约而同地意识到战略资源补给是决定谁取得战争最终胜利的保证,海上战略通道是决定谁取得战略资源补给的关键所在。当时双方的商船总吨位之比为德国 570 万吨对英国 2280 万吨。为此,双方围绕海上战略通道展开了激烈的水面和水下封锁与反封锁、破交与保交作战。<sup>②</sup> 第二次世界大战,在太平洋战场,封锁作战也是极重要的形式。当时日本 80%的油料、80%的铁矿石、24%的各种煤(90%是焦煤)、20%的粮食都需要通过海运进口。有鉴于此,以美国为首的盟

② 博戈波夫. 封锁与反封锁[M]. 北京: 海军学术研究所, 1993.



军于 1945 年 3 月 27 日着手实施著名的“饥饿计划”，对通往日本本土的日本海、下关海峡、大隅海峡、台湾海峡等主要海湾和海峡进行大规模全面封锁作战，导致日本急需的石油、煤炭、铁矿石和粮食等战略物资严重短缺，极大削弱了日本的战争潜力，促使日本法西斯帝国最终灭亡。在 1982 年的英阿马岛战争中，英国皇家远征军对远离己方本土、靠近阿根廷大陆的马尔维纳斯群岛（又称福克兰群岛）实施海上封锁作战，先是对马岛周围 200 海里的海空实施封锁，而后又宣布将封锁海域扩大到阿根廷大陆沿岸 12 海里之外，最终有效地控制了制海权和制空权，为英军最终夺取马岛创造了条件。

封锁作战是一种针对性极强的体系作战。其关键是找出拟封锁对象和目标的弱点所在，采用相应的方式和手段并不断评估封锁的效果。大数据封锁作战指挥与控制需要的大数据对象包括封锁对象、封锁面积、封锁对象的性质、封锁对象的作战能力和潜力、封锁对象的主要补给通道、封锁对象可能采取的措施、封锁对象可能实施的手段，人道主义和国际地缘政治关系、国际舆论，等等。具体大数据包括对象历史数据、地理环境数据、相关的政治经济民生指数、国际舆论、封锁对象的战略资源数据、封锁对象的兵力、封锁对象的作战空间体系网络、兵器 and 平台性能参数等。海湾战争期间，美军针对伊拉克军队的部署先后出动 9 个航母战斗群、2 个战列舰战斗群和 2 个攻击舰编队，以及 10 多艘核潜艇和近 600 架舰载机和岸基飞机，对伊科周围 1000~1500 千米的空海域实施封锁，配合电子战、网络战、信息战、舆论战等方式，对封锁区实施全面封锁作战，为最终赢得海湾战争的胜利奠定了基础。

相应的反封锁作战大数据指挥与控制就是找出封锁者的缺点，通过大数据分析寻找反封锁作战的突破口，瓦解封锁者的整个作战体系。反封锁作战大数据有地理环境数据、封锁的区域、封锁的程度、相关的政治经济数据、国际地缘政治关系、国际舆论、封锁者的战略资源、封锁者作战体系的结构、封锁者的行为规律、封锁者的兵力、兵器 and 平台的性能数据等。

封锁与反封锁作战都需要一个统一的、顶层的联合指挥机构。依据封锁和反封锁的对象范围不同，使用的兵力和采用的方法也不尽相同。在空中，有划分禁飞区和争夺制空权作战；在太空，有卫星和警戒机侦察、监视和控制；在海面，有水面舰艇巡弋、封锁和弹炮攻防作战，岛礁作战和海峡通道护航战；在水下，有潜艇作战和水雷、蛙人攻防战；在网络电磁空间，有网电对抗与电磁频谱作战；在国际政治经济领域，有外交战、金融战、舆论战、新闻战。各种力量在统一的联合机构指

挥下集成为一个高效的作战体系。通过大数据分析,封锁作战针对目标特点,综合运用各种封锁力量和手段,软硬结合,打封结合,多种方式灵活应用,形成立体、动态的封锁作战体系。反封锁则针对封锁者的间隙,突破弱点,破坏其作战体系。

### 2.4.3 登陆与反登陆作战

登陆/反登陆作战向来是海战的一项重要内容。很多海上作战的最终目的也归结为登陆成功或反登陆成功。随着“由海向陆”和“海上基地”战略的提升,联合登陆/反登陆作战也就成为海上作战的一种典型的作战行动。

其中,登陆作战是从海上占领并控制某个陆地领域,是由海向陆进攻或背海向陆进攻。而防御一方通常会沿海岸要点构建坚固、绵密的纵深防御体系,登陆作战往往面临对方预设的海陆空层层打击和极其复杂的海上战场环境的重大影响,包括极其脆弱的航渡和后勤补给,因此,渡海登陆作战历来都是最为残酷的一种海上作战行动。历史上,登陆作战为建立滩头堡常常要经过反复、惨烈的争夺,如1915年的达达尼尔海战、第二次世界大战时期的西西里岛登陆战役和硫磺岛登陆战役等。相对于海军单一军兵种的平面登陆作战,现代登陆作战通常利用多军兵种多种力量联合的优势,夺取制空制海权,实施全维保障,在多维空间立体攻坚,突破第一线式平推登陆的方式,由空中兵力内陆机降、两栖兵力由海上登陆和气垫船之类载体超越登陆,跨越滩头的障碍。同时,隐真示假,创造突然性;利用远程兵力和火力控制战场,阻敌机动支援,破敌防御体系。1982年,英军通过强制隔离、夺取制空制海权作战,成功组织实施了现代立体联合的两栖登陆战役,一举夺取了马尔维纳斯群岛,将联合登陆作战推到了一个新的阶段。此后,联合登陆作战理论和战法一直在持续发展之中,如探讨使用远程导弹实施定点清除,空海联合、机降兵力中心开花,强制隔离、全面进攻等。

联合登陆作战的主要内容包括以下四个方面。

#### 1. 争夺制信息权、制电磁权

联合登陆作战需要持续有效的情报信息和后勤支援,包括对登陆区域海洋环境,地形、地貌、水文、气象,敌防御体系设置、作战兵力分布的了解。除几何空间外,现代海战的触角早已延伸到电磁空间、网络空间、信息空间和心理空间,尤以夺取制信息权和制电磁权为优先和保证。没有电磁优势或制信息权,制



空权、制海权都将全部丧失；关键的侦察、预警、通信导航将不可靠，C<sup>3</sup>I 系统也会变得十分脆弱。因此，在联合登陆作战中，首先要夺取制信息权、制电磁权，同时隐藏己方的作战意图，剥夺敌方的制信息权，压制、干扰、破坏或诱骗敌人的作战指挥信息系统；运用各种兵力、兵器和装备，使用各种方式和手段，干扰、抑制、破坏、欺骗对方的电子信息系统、获取信息优势。作战对象已从单个电子设备和平台对抗发展到整个联合登陆/反登陆作战体系的对抗。进攻与防御一体，从单一模式对抗发展到多模复合对抗，从软对抗为主发展到软对抗和硬摧毁相结合。争夺制信息权、获取信息优势已成为联合登陆先期作战的核心内容，并贯穿于整个渡海登陆作战过程的始终。

### 2. 夺取制空权，进而夺取制海权

在正式立体登陆之前或同时，往往是争夺制空权的战斗。在信息优势的支撑下，可通过空优作战、定点清除作战和防空作战，消灭或压制敌空中作战力量，夺取制空权，进而夺取制海权；消灭敌水面舰艇编队，消灭或压制敌水下力量，包括反舰水面战、水雷战、潜艇战等。

### 3. 立体渡海登陆作战

在空基和陆基力量的协同与配合下，从空中和水面实施立体渡海登陆，包括先期或期中的特种空降突进，实施中心开花、超越登陆，立体联动；消灭敌岸基作战力量，同时建立岸上稳固阵地。

### 4. 陆上作战

陆上作战是整个渡海登陆作战的最后一环，也是扫尾阶段，主要是消灭敌残余的陆上兵力，巩固整个登陆作战的成果。

成功实施联合登陆作战的关键是充分的前期情报研究和大数据分析，如海洋环境（如潮汐）对登陆的重大影响、敌作战体系的活动规律。应掌握登陆区域地理海洋环境、气象水文特点（如潮汐规律）、对方反登陆作战指导思想、兵力和武器装备配置、防御重点及其关键节点和脆弱点。1950 年 9 月 15 日，美军为遏制北朝鲜对南韩（现韩国）的压倒性进攻，经过对所有可能登陆地点的详细侦察和分析，MacArthur 指挥的美国海军陆战队逆势利用了仁川极为不利的地理和气象水文条件从敌人意想不到的朝鲜西海岸仁川突然登陆，一举攻占了仁川港及釜山地区，将进攻中的北朝鲜军“拦腰斩断”，从此改变了整个战局。应用情报和大数据分析可掌

握对方相关的反登陆作战部署情况、最近的兵力活动规律，分析其关键节点和脆弱点，从而选择登陆的时机、地点和配合措施，出敌不意。

相对于登陆一方掌握初战的主动权，以及可以自由选择登陆的时机和地点，反登陆作战本质上是防御性的。其关键之处在于尽可能准确预判敌可能的登陆地点和时间，掌握其渡海登陆的动向和整个后勤支援体系，破坏其渡海登陆的作战体系；实施“釜底抽薪”，切断其兵力和后勤补给的来源通道。预先的情报和大数据分析是反登陆作战的关键核心。应联合各种防御兵力，夺取制空权；适时实施反击，摧毁敌赖以支撑登陆的作战能力；通过固定和机动作战相结合击敌于未动，攻敌于海上，歼敌于半渡，灭敌于滩涂，围歼于内陆。

#### 2.4.4 反潜驱潜行动

在海洋行动中，潜艇作为一种强大的水下作战力量，可以发射各种鱼水雷，进行攻势布雷，发射反舰导弹、远程对陆攻击巡航导弹，实施特种作战。第一次世界大战期间，英国皇家海军在大西洋贯彻“封锁+决战”的思想，运用强大的海上力量对德国实施封锁，不断击沉德国海外船舶，切断其海上战略通道。为此，德国海军开始了无限潜艇战，运用潜艇在水下对英国等协约国的一切船只进行攻击。在整个大战中，德国的潜艇参加战斗 1700 余次，共计击沉英国及其他协约国运输船达 1372 万吨，致使英国的海上交通线处于几乎瘫痪的状态，经济和战争潜力急剧萎缩。第二次世界大战时，纳粹德国海军更进一步创新出著名的潜艇“狼群”战术，在极短的时间内以很小的代价击沉了盟军大量舰只。仅 1942 年，就击沉了盟军各类舰船和商船 1000 多艘，成效显著。在 21 世纪的海上行动中，由于潜艇具有的隐蔽性和突然性，使得不论是平时，还是战时，其对水面舰船、沿岸港口、重要交通水道及陆上的重要目标都是巨大威胁。如果它被恐怖主义和海盗使用，后果不堪设想。因此，反潜驱潜是海上行动中的一项非常重要的任务，特别是在海上作战行动中更是居于突出的位置。近年来，由于海洋争端的加剧和潜艇技术的扩散，各种潜艇活动越来越多，一些先进的低噪声 AIP 潜艇越来越多地进入一些争议海域。水下作战和反潜作战对抗形势加剧。

潜艇最大的特点就是隐蔽性。一旦发现潜艇，鉴于水上力量对水下潜艇的打击优势，潜艇的威胁基本上可以解除。因此，反潜驱潜的首要 and 关键就是发现潜艇。发现潜艇包括获取敌对方潜艇的种类、数量、性能、特点、活动规律，需要获取敌



对方潜艇的使命、任务、母港位置、现时状态，可能去的海域，及时定位潜艇现在可能的位置。技战术上，因一般水面舰艇的视距边界小于潜艇的视距边界，导致水面舰艇对潜艇的发现和有效打击边界也就小于潜艇对水面舰艇的发现和有效打击边界。海上反潜驱潜作战取得“有利态势”的唯一手段就是建立战略和战术、战术和技术相结合的一体化网络情报、侦察和警戒体系。海空多平台潜艇攻防作战如图 2.10 所示。而反潜驱潜作战通常是由远、中、近，高、中、低搭配的多种类反潜驱潜兵力兵器，综合运用卫星、预警机、反潜侦察机和反潜直升机、反潜水面舰艇、反潜潜艇和水下监听系统进行立体多维反潜。所有这一切构成了一个庞大的反潜驱潜作战体系、疏而不漏的反潜网络。其兵力综合运用的一般形式为：高空有卫星和预警机进行预警、探测；中低空有反潜飞机和反潜直升机实施反潜探测和定位；海面有驱逐舰、护卫舰等对潜艇实施搜索和跟踪；水下有反潜潜艇和固定监听器材进行水下监听及机动搜索。

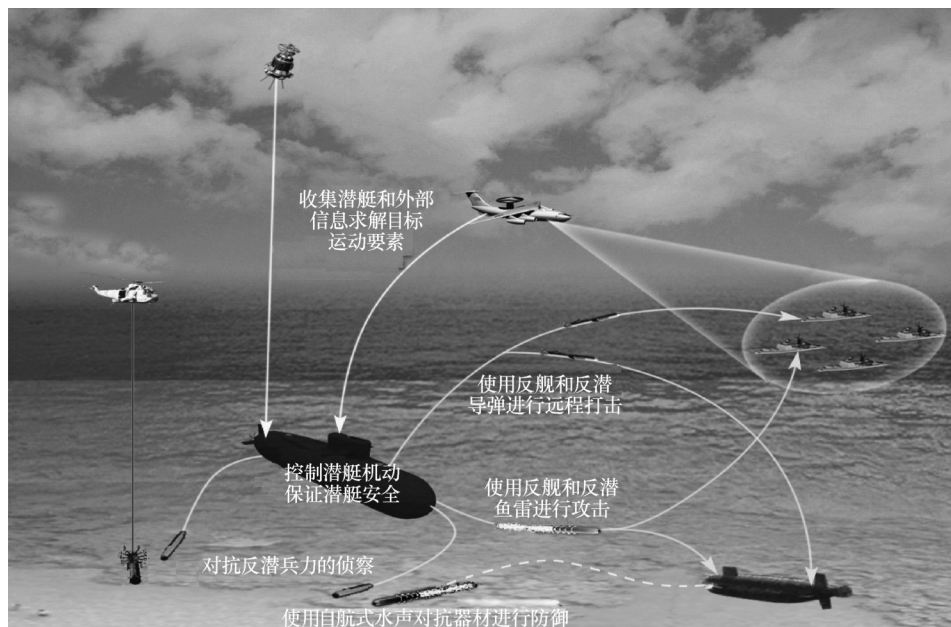


图 2.10 海空多平台潜艇攻防作战示意图

大数据反潜驱潜指挥与控制行动，主要就是运用大数据手段预知、侦知、获取敌对方潜艇目标状态信息和活动信息；通过各种社会政治情报、互联网情报、人工情报、海洋监视情报、天波情报、卫星情报和既有的陆、海、空、天、电获



取的各种战术和技术相关情报、信息和数据，得到敌对方或威胁方的潜艇类型、数量、技术参数，状态，使命、任务，活动范围、活动规律，直至目标潜艇现在的位置和所在的航线。这是一个大数据工程，数据包括战略性情报、信息，战术性情报、数据和技术性数据。

其中，战略性情报、信息包括潜艇母港数据，潜艇种类、数量、特性参数，各型潜艇的使命任务、活动范围、活动规律，相应海区海水特性数据、近期敌方或威胁方的地缘政治活动、政治经济贸易情报、军事意图、新闻舆情信息、海上航运和相关海峡通道情况、有关潜艇的活动情况等。战术性情报、数据包括相关海区海洋特性、目标潜艇活动规律、航线、当前位置、航迹特性、速度、加速度、潜深等。技术性数据包括海流、潮汐、水面风场、海浪、水温、盐度、密度、潜艇噪声水平、噪声声纹、磁场分布及变化、辐射频谱等。

通过陆、海、空、天、电大数据，完成重点海区和疑难海区声场分析、声呐作用距离预报、目标威胁特征分析和战场形势分析。通过业务化模型和模拟系统（COMPASS）提供浅海至深海的温度、盐度、海流、跃层、潮汐及声场的快速预报与模拟，用于反潜驱潜作战、反水雷战及两栖作战行动。

对潜攻击，远程主要由舰载重型直升机或火箭助飞鱼雷负责，中程主要由舰载轻型直升机和火箭助飞鱼雷来执行，近程则由舰载管装鱼雷和火箭深弹完成。在打击空间和手段上实现了多维一体反潜，扩展了舰船作战系统对潜艇的视距边界和打击边界，突出了空中力量（如直升机）对潜搜索跟踪和打击的优势。广义上，立体反潜驱潜包括防御性警戒行动和进攻性搜索行动。作战对象不但包括潜艇，还包括各种有人、无人潜航器和蛙人，驻留的鱼水雷和水下的各类军事设施（如水听器、海底电缆等）。攻击时，按远、中、近程作战任务，在海上和空中组织各种兵力和兵器，灵活运用“诱”、“攻”、“驱”、“搜”等战术手段和方法，按照“先制”作战原则和有效“后制”作战的有机统一，充分利用水上/水下信息的不对称性和整体作战的效能，谋局造势，获取对潜作战的有利态势。

大数据反潜驱潜突出了运用互联网、社会情报、人工情报、天波情报、卫星情报和既有的陆、海、空、天、电获取的各种战略战术和技术的相关情报、信息和数据，扩大了情报、信息和数据的应用范围，扩大和应用了战略情报、网络情报和边缘情报，充分挖掘和发挥了大数据的作用。



## 2.4.5 护航与反海盗行动

海上航运保护是军事行动之外典型的非战争性军事行动。随着全球经济的发展和海上物资人员往来的日益频繁,海盗和海上恐怖主义活动也在增加。海盗是一个有着古老传统的非法海上强盗活动。海上恐怖主义则是 20 世纪末以来国际恐怖主义泛滥到海洋活动的一个现象。此外,有组织的海上走私、海上犯罪等也对海上航运构成重大威胁。根据国际海事局报告中心统计资料,1994 年的全球海盗活动约为 90 件,1998 年上升为 228 件,2000 年猛增到 469 件。2008 年 10 月 1 日,索马里海盗一天 4 次劫持过往商船,创下了历年来海盗单天劫持商船的最高纪录。

海洋运输是国际贸易中最主要的运输方式。国际贸易总量中超过 2/3 以上是通过海运完成的。据不完全统计,目前全球 1000 总吨以上的干散货船约 5700 余艘,共 29 634.8 万载重吨,分布在全球数百个船务公司。它们从来都是海盗的第一攻击目标。其中,中国船务公司拥有 579 艘,载重 2440.5 万吨;香港地区船务公司拥有 261 艘,载重 1819 万吨。内地和香港地区共有运力 4259.6 万载重吨,占全世界的 14.4%。中国航运已开辟远洋运输航线 30 多条,通达全球 150 多个国家和地区的 1200 多个港口,远洋船队规模居全球第 5 位。运输通道涉及台湾海峡、马六甲海峡、印度洋、阿拉伯海、霍尔木兹海峡、曼德海峡、苏伊士运河等诸多海上战略交通要道。此外,国内海外投资、海外市场、海外资源基地和海外劳务输出等也大幅增加。中国企业在海外设立的独资、合资航运企业和办事机构已达数百家,承运的第三国货物比重也日益提高。航线多样,所经过的海域和地区复杂。

国际海盗们常针对海上目标采用“狼群”战术和海上游击战术,通过尾随、跟踪、设陷阱、突然袭击等多种手段和方法进行攻击、掠夺和绑架。他们携带作案工具甚至武器乘坐高速快艇在公海、岸边、要道,甚至在港口处实施攻击和掠夺,得手后迅即离去;也有的绑架船舶和船员进行要挟,获取赎金。海盗行为具有出没突然、行动诡谲、不定时、不定期等特点,对船舶、船员和国际航运的威胁巨大。海上护航行动的主要目标就是确保护航船舶人员物资安全、航行安全,平顺抵达目的地;确保海上航行有序,保障海上经济贸易活动顺利开展;保障通过区域和平稳定。由此可见,海上护航是和平时期任务重大的非战争性军事行动,兼有反恐、反海上犯罪,维护和平等多重使命。大数据海上护航行动指挥与控制充分利用大数据

分析的功能显著提升传统护航行动的效能,将反海盗、反恐、反海上犯罪,维护和平等多重任务融为一体;确定重点护航的船舶、航线、海域,通过有计划地组织护航编队实施高效的护航行动,以预防、警戒、武装打击、合作等多种方式和手段慑止和消除海盗行为,剿灭海上恐怖主义及其他海上犯罪活动。

海上护航指挥与控制行动的大数据包括:

- 航线海洋地理环境、天气气象水文,周边国家和地区的社会政治经济状况、民风民俗、教派、历史文化;
- 航线过往船舶数量、种类、活动频率、活动规律;
- 护航船舶的类型、数量、航线、行动特点;
- 海盗分布区、活动规律、行为特点、常用载具和武器装备;
- 相关各地政治经济军事情报、信息,恐怖袭击情报;
- 相关各地社会情报,市场情报,邮电电子情报、信息,网络信息;
- 侦察监视情报信息、技侦情报;

等等。

## 2.4.6 海上应急救援指挥

海上应急救援是指海上发生灾变时所进行的紧急救援活动。其目的是控制紧急事件、灾难的发生与扩大,最大限度地保护人员和财产安全,维护周边的环境。在人类的海洋活动中,由于自然的和人为的各种因素随时可能导致一些突发性事故,如海上钻探平台倒塌,海上船舶碰撞、搁浅、沉船,飞机坠海、海上火灾、台风袭击、海上人质劫持、海上污染、突发性人员疾病等,都需要展开应急紧急救援,以最大限度地减少损失,消除影响和组织恢复周边正常状态。

海上应急救援也是一种典型的海上非战争指挥与控制行动。海上应急救援体系包括海上应急救援组织体制、运行机制、法律基础和保障体系等几个部分。海上应急救援需要各职能部门相互沟通、协作,需要跨国界、跨地域、跨部门的各种力量相互协作,做到“及时了解、快速反应、准确决策、统一调度、妥善处置、全程监控”;需要一个统一的机构实施统一高效的指挥、控制与管理。海上应急救援组织体制是针对海上紧急事故的组织体制,目的就是形成功能齐全、协调一致、运转高



效、反应灵敏的应急机制。类型上，有国际和地区性的海上应急救援组织体制；有国家和省（州）市的应急救援组织体制。譬如我国的海上应急救援组织体制就是一个包括国家、省（直辖市/自治区）和市县，军队、海警和地方垂直沟通，各职能部门横向彼此勾连的庞大组织动员体系。

由于海上各类事故、灾害或事件具有突发性、复杂性、迅速变化性，所以海上应急救援需要早发现、快速行动、预先准备，实时评估。大数据海上应急救援具有天然的优势。通过大数据分析，可掌握重点海域的海况，天气预报、地震预报、关键目标的位置和状态、周围环境；预先根据历史和现实情况，针对各类海上事故拟制应急救援预案；第一时间形成一致的现场状况图。可分析事故情况、事故性质、发生地点、发生原因；提出救援路线、救援手段、救援装备、估计救援所需时间，评估救援效果。

海上应急救援指挥控制行动的大数据包括：

- 海洋地理环境数据，海峡、水道、地震带分布数据，相关海域地质、地貌数据，气象水文及其特点数据；
- 相关海域海底电缆、管线分布数据，海上各类人工建造物类型及其分布数据；
- 相关海域航线分布数据，过往飞机船舶数量、类型、频率、活动规律数据；
- GPS 数据、海洋监视卫星数据；
- 海洋地理大数据、海洋磁场声场变化数据；
- 各类通信数据、各类船舶飞机等航行动力数据、相关设备运行状态大数据，恐怖袭击情报；
- 机场、港口活动大数据，相关人员活动大数据；
- 相关各地社会情报、市场情报、邮电电子情报、网络信息等。

# 第3章

## 云计算和海上大数据联合 作战指挥

传统指挥与控制主要依靠有限的情报、信息和模型，通过自上而下的各级指挥机构实施指挥、控制与决策。现代多种力量联合作战已经成为海上行动的主要样式。联合是一种作战思想，要求从系统体系基础层面提供一个各平台、实体互动和关联的平台，以及信息交流与知识共享的环境。基于该平台，分布在不同地域/领域的各级作战指挥中心、武器系统、作战单元及所有必要的信息源连接起来，形成一体化的网络作战体系，实现空海之间、岸海之间、海上编队内部之间的互连互通和互操作；作战要素可在不同层级上自由组合，在不同的层次和方面综合集成，可根据不同需要建构不同规模 and 能力的任务系统，提高作战效能和系统的生存能力。随着大数据时代的到来，大数据成为客观知识世界的主体，进而成为指挥与控制的主体。如何基于大数据在跨海、陆、空、天、电多维作战空间，实施多使命任务的多种力量参与联合行动及运用多种作战策略，提升大数据时代指挥与控制的效能？

本章结合大数据特征，应用云计算平台及高层信息融合技术，提出基于 Hadoop 的海上大数据联合作战指挥决策平台架构及相应的指挥与控制体制，通过在客观知识世界挖掘客观物质世界和主观精神世界的价值信息构成知识并用以指挥与控制海上行动，最终建立服务于云作战指挥决策的大数据应用生态系统。

### 3.1 云计算

数据是资源，大数据更是知识的宝藏。如何盘活数据资源，挖掘其中的价值，



使其为国家治理、企业决策、战场指挥乃至个人生活服务，是现代大数据的核心议题。传统的数据处理已经无法满足对海量异构数据的深度分析，云计算以“集约化、共享化、动态化”原则和其突出的信息管理、分布计算、分散存储、网络协作，以及软、硬件资源等服务统一调度能力，可跨组织、跨网络满足各种计算和应用需求。其中，基础设施即服务层（IaaS）构建在物理硬件资源之上，通过虚拟化技术，为用户提供基础的网络、计算及存储资源；平台即服务层（PaaS）提供了云计算应用程序的开发、部署和运行环境，以及面向海量数据的管理等服务，通过封装底层实现，使得用户可以透明化地部署其分布式应用；软件即服务层（SaaS）作为面向用户的应用软件服务接口，提供按需、动态、可靠的广域服务。

### 3.1.1 “云”概念

“云”是一种计算模式。“云”这一术语来源于网络拓扑图。由于最初在 IT 设施和服务中，人们习惯将互联网表示成一朵云的形状，因此这种互联网计算被冠称为“云计算”（Cloud Computing）。自 1946 年世界第一台计算机诞生以来，计算模式从单机集中应用开始向多机分散方向发展。由分散到网络化分布，客户/服务（C/S）就是一种典型的分布式计算模式。21 世纪，伴随着互联网技术的深入发展，客户/服务（C/S）升华为广域的 Web 计算（B/S）。由此，基于互联网的应用与动态可伸缩业务模式的高效有机融合便催生了“云计算”——一种更主动、灵活的 IT 能力“按需求”提供分布高速并行计算。其实质是计算从以客户/服务（C/S）体系结构向以服务器为中心（Server-Centric）或以数据为中心（Data-Centric）的体系结构转变。计算模式由集中到分散、分布再到新的集中，经历了一个螺旋式的发展。

云计算是一种基于网络的分布可扩展广域计算模式，是并行计算、分布式计算和网格计算的融合与发展。广义上，“云”是一种动态的、易扩展的，通过网络提供虚拟化资源的应用方式，用户不需要了解内部实现细节，就可以实现强大的计算功能；狭义上，“云”是一种 IT 基础设施交付和使用的新模式，建立在网络基础上以按需、易扩展的方式来获取所需的所有计算资源（硬件、平台、软件）。这种应用把许许多多分散的资源和能力通过网络综合起来，为内外用户提供无所不在的应用。也因此，这种提供资源和能力的网络被形象地称为“云”。

计算资源的集中化和虚拟化、任务系统的服务化是现代各种应用系统的发展潮

流。后信息化时代，传统的数据存储、移动和处理能力越来越无法满足需求。云计算以虚拟化技术为基础，以网络为载体整合大规模的计算、存储、数据和应用等可扩展资源进行协同工作，并通过将任务分解分布在大量计算资源构成的资源池上使用户能随时按需获取计算力、存储空间和信息知识服务，可提供基础架构、平台、软件等通用环境。云计算扎根于开源社区，融合了效用计算、面向服务架构等概念，能迅速处理后信息大数据时代的“4V”挑战。2011年以来，美国联邦政府、国防部、美国海军陆续颁布了各自的大数据云计算战略，加速向云计算转型以提能增效。随着云计算持续升温，各种规模的商业公司也从云计算的各个层面推出各种云计算产品和服务。

相对于非云计算，云计算具有以下突出优点。

### 1. 资源广域共享、计算能力强

规模和结构效应是云计算最显著的特点。开放式“云”架构将可能接入云端的所有计算资源和存储资源组织在一起，构成资源共享的计算资源池和存储资源池，通过分布式并行处理和协同调度，为大数据任务计算、存储、管理和带宽提供了无比强大的计算能力和几乎无限多的空间，如 Google 云计算拥有 100 多万台服务器，Amazon、Yahoo 等的“云计算”也拥有数十台服务器，具有强大的计算能力和存储通信空间。

### 2. 快捷弹性、便捷易用

快捷弹性，就是具有按照需求对资源进行上下扩展伸缩的能力。通过组织“云”的开放式架构，云计算的规模、结构、数量在逻辑上可以动态伸缩、虚拟变化，提供广域网络访问，适应并满足用户不断增长的各种需要。“云”中的资源和能力在用户看来是可以无限拓展的，可以随时获取。

### 3. 透明化、按需自助

云计算支持用户的移动性，不管用户在什么位置，使用何种终端，用户都可以随时按需获取“云”服务。用户不必关心资源在哪里、如何部署、如何计算，只需要把自己的需求告诉云，即可得到所需的服务，甚至预先得到需要的服务。同时，云计算不限定特定应用，在“云”的支撑下可以使用和运行各种不同的应用。

### 4. 可靠性高

云计算由多个相互独立的计算机网络构成，任何单一的计算机故障或损毁都不



会影响整个“云”的运行。由于采用了计算机集群、数据多副本冗余、计算机节点同构可互换等技术，“云”的可靠性非常高，甚至比使用本地计算机更可靠。

### 5. 服务可计量

服务可计量是计费、访问控制、资源优化、能力规划等必不可少的属性。在云计算中，服务是由服务提供商控制和检测的。云提供商可根据云计算体系结构和运行模式，利用某一抽象层次上的某种类型服务（如存储、处理、带宽、活动用户账号等）的计量能力，自动控制和优化资源的使用。

## 3.1.2 云计算模型

云计算集中体现了客观知识独立的“三个世界”理论思想，“以数据为中心”，各种应用完全基于集中于云端的数据处理能力和存储能力之上。云计算的根本目标是在用户、云伙伴和云提供商之间共享资源。当“云”集中了作战资源、计算存储能力和相关环境之后，便具有了相应的使命任务能力。其中，智能代理是用户和云服务之间的中介，其主要活动是服务中介、服务聚合和服务套利。

根据所有对象和使用目的，相应的“云”可分为私有云和公共云两大类。私有云只为某一类特定用户使用，仅用于该类用户的特定领域，包括社区云（Community Cloud）、行业云（Industry Cloud）和个体小云（Cloudlet）；公共云向所有许可的公众开放，应用于公共领域和服务，是一种巨型的社会-技术网络（Socio-technical networks）基础设施。根据云的属性，云还可以分为战略云和战术云。针对具体的应用领域，云还可进一步细分为防空反导云、反潜云、海上应急救援云、后勤保障支援云，等等。两种及两种以上云设施的组合称为混合云。混合云保留各自实体，但通过标准或专有技术捆绑在一起，以实现数据和应用的可迁移性，如实现云之间的负载均衡。

应用上，云计算按照“递阶演化”进行分层抽象，分为基础设施级服务、平台级服务和应用级服务三层。其模型如图 3.1 所示，定义并提供了三种服务模式。

### 1. 基础设施即服务（IaaS）

基础设施即服务即基础层向用户开放，提供处理、存储、网络、中间件等“最基本的计算资源”。在这些基本的计算资源之上，用户可部署并运行任意软件，包括操作系统和应用程序。用户不管理或控制作为基础的云设施，但对操作系统、存



储设备及部署的应用软件有控制权，对某些联网设备，如主机防火墙等，也可有有限的控制权。

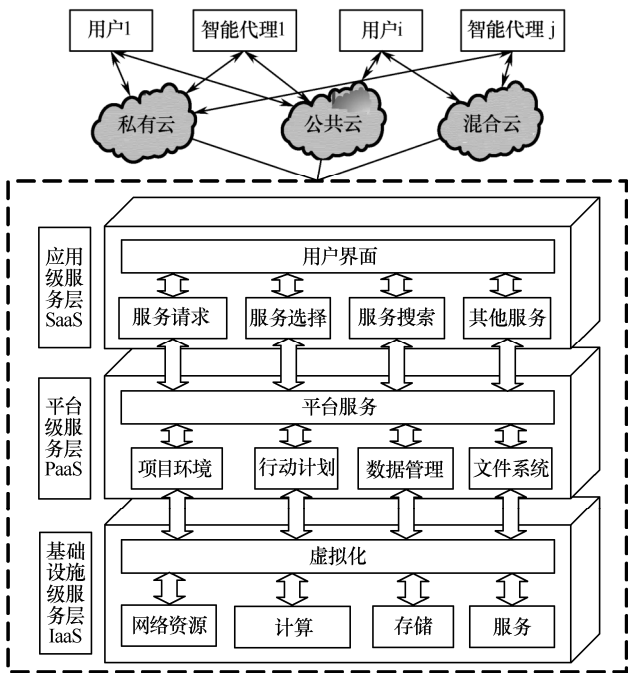


图 3.1 云计算模型

2. 平台即服务（PaaS）

平台即服务指云计算向用户提供各种应用环境。用户使用应用环境部署、控制、运行自己的应用软件。用户对云计算提供的环境可能有某种控制权，但不能控制应用软件在其上运行的操作系统、硬件和网络基础设施。这里的“平台”指云计算应用框架。

3. 软件即服务（SaaS）

软件即服务即云计算的各种应用软件向用户开放。用户通过互联网使用各种应用软件，可以修改应用软件的相关参数配置，但不能控制应用软件在其上运行的操作系统、硬件和网络设施。接口包括用户接口和应用程序接口。

可见，云计算将所有资源分布在由大量计算机构成的资源池上，利用并借助 IaaS（基础设施即服务）、PaaS（平台即服务）和 SaaS（软件即服务）方式，通过网络向各类用户及智能代理按需提供服务。



## 3.2 基于云计算的海上大数据联合作战平台架构

21 世纪, 指挥与控制的主体和内容逐步转向知识和数据。就行动而言, 一切由客观知识和数据指挥、控制。在客观物质世界, 必须搭建一个一体化的信息处理和应用平台。通过该平台为各级指挥与控制决策的执行者和载体——人及现代科技人脑的延伸物——计算机及各种智能系统和作战人员完成任务提供大数据决策指示和控制数据: 一方面确保决策指示和数据服务在相应环境中是可见、可访问和可信的; 另一方面通过使用动态和互操作的通信和计算资源, 满足基于大数据联合行动的需要。<sup>②5</sup> 其使命任务主要包括: 统一的身份认证、访问控制和目录服务; 指挥决策和信息服务前沿化; 联合基础设施; 通用的政策和标准; 统一指挥和分布控制。

大数据主要研究了大数据存储与大数据各个数据之间的相互关系, 挖掘、发现并应用其中的关系知识、特征知识、精细知识和隐知识。云计算为大数据分析提供了必要的存储、管理及计算等解决方案, 可快速地提取有价值的目标信息, 提供及时的服务。如何在海洋行动中对海洋大数据进行处理, 构建跨空间、全时域、全版本数据的海洋行动统一处理平台, 实现不同系统间集成、数据和数据挖掘共享, 用户、平台和服务相互分离, 以为目标识别、态势数据挖掘、作战意图识别及态势评估等不同层次处理平台提供支撑? 本节针对海上大数据的特征, 提出基于云计算的 Hadoop 大数据联合行动平台架构, 旨在通过构建面向多源异构数据的大数据分析和云计算平台架构, 结合数据挖掘技术, 解决类似 RDBMS 在数据分析扩展性方面的瓶颈, 最终实现高效应用的目的。

### 3.2.1 海上大数据联合作战体系功能模型

人类的海洋活动是典型的组织行为。根据组织行为理论, 健全的组织应该提供统一的努力、集中的指导、分散的执行、通用的原则及互操作性。实现组织的使命任务在于组织的功能。海上联合作战组织是一个包含社会文化、价值取向、行为规范、统一的信息基础设施、网络, 以及各种应用系统和设备的复杂体系。其总体功能是为各种力量、实体和作战单元提供一个统一的组织平台和协同作战环境, 用以应对来自外界的各种挑战, 适应战场环境的复杂变化。基于大数据的海上联合作战

<sup>②5</sup> Navy's Data Engineering Services Center. The National Maritime Domain Awareness Architecture Plan[EB/OL]. [https://mise.mda.gov/drupal/sites/default/files/MDA\\_Arch\\_Plan\\_V\\_2.0\\_Release3\\_Full.pdf](https://mise.mda.gov/drupal/sites/default/files/MDA_Arch_Plan_V_2.0_Release3_Full.pdf), 2013-3-8.

“以数据（知识）为中心”，通过网络分布这种形式最大限度地发挥信息流动（信息空间开放式网络化共享）与实体协同行动的潜能，包括知识发现、价值链（信息融合）和增值应用。技术层面，基于大数据的联合作战体系功能重点关注在对其自身和目标环境当前和未来状态的认知上，包括：

- 提供不同层级战场态势感知和信息共享能力——全向融合能力、集聚导向能力及预测触发能力；
- 实施作战资源灵活云集成能力；
- 基于信息共享的协商能力、及时的连通和互操作能力；
- 适应任务和环境变化的体系自组织能力。

## 1. 联合作战实体间的联结机理及相互作用转移机制

### 1) 联合作战实体间的关系类型

在联合作战组织内，实体之间存在各种各样的关系。总体而言，这些关系分为合作型和冲突型两大类。

合作型关系包括隶属关系、配属关系、支援关系、协作关系、控制关系；冲突型关系包括利益冲突、目标冲突、目的冲突、资源冲突和文化冲突。

### 2) 联合作战实体间的联系模式

实体间的关系是内在的、静态的。在联合作战组织的运行、发展、变化过程中，实体之间因使命任务或某种突发的因素将发生联系。联系模式可因具体任务、环境、资源、经验、效果等表现多样，具体有：

- 就近联系模式；
- 使命任务联系模式；
- 关系优先<sup>②⑥</sup>联系模式；
- 随机联系模式；
- 向上级联系模式。

### 3) 联合作战实体间相互作用的联结机理和转移机制

在适应环境和组织体系对抗中，不断发生着个体自治、联合作战组织对抗、系统自适应、体系自组织演化、功能涌现等现象。各类实体依据性质和作用，可分为传感类实体（S）、指挥控制类实体（C）、作战类实体（F）和通信类实体（I）四

<sup>②⑥</sup> 理论和实验表明，在网络中，节点互连的概率复杂单调依赖于它们已有的“度”（degree）。



大类。实体之间围绕使命任务发生联系。在网络中心化作战中，实体之间物质、能量和信息的交换围绕“感知（Perception）—认知（Cognition）—协作与同步（Synergetic）—评估（Evaluation）”展开，相应的联系机制可归纳为感知、认知、通信、指挥与控制、交战、补给、支援和协作。

随着作战的开始和战斗的进行，可能有一些节点损失，一些节点加入。同时，随着环境的变化和任务的变化，有关连接关系和属性的强弱发生改变，网络大小规模缩放，作战重心可能调整，导致组织结构重组，关键节点（中心节点）迁移。

实体间的联系因使命任务或某种突发的因素而发生，因此实体间的相互作用不是不变的，相反，实体间的作用随着使命任务和环境的改变而不断变化，发生所谓作用转移：一是始于任务；二是基于效果；三是基于环境和资源条件。

### 2. 面向服务的大数据联合作战体系功能模型

根据系统结构与功能之间的关系，为了适应联合作战多方面的任务，适应战场环境变化，保持系统运行的敏捷性和鲁棒性，其作战体系功能架构必须是开放的、自组织和自适应的。其功能结构内在的要求是一体化、层次化、灵活的和综合集成的开放系统架构，可为广域空间和范围内的各种作战实体按需提供“战术、技术和过程相结合”的能力，具备网络间无缝链接、信息系统即插即用和互操作能力，战场资源可按需共享、面向使命任务柔性动态集成，从而“把不同能力和组织集合进入有效的联合体内”，使得各种武器系统、作战人员、网络、传感器和指挥控制平台灵活地构成面向不同使命的方面作战体系。网络成为作战行动的纽带，突破以平台为中心的综合集成或垂直的“烟囱式”的功能集成，在水平上灵活组织，动态地建立各种虚拟组织，达成分布式网络化作战。

#### 1) 海上联合作战环境能力视图

海上联合作战需要具备的能力主要包括两大类：一是面向终端用户的联合作战数据、服务、资源的随机组合和聚集能力；二是保证联合作战体系自身稳定、灵活、正常运行的支撑能力。其能力视图如图 3.2 所示。

##### (1) 面向终端用户的数据、服务、资源的随机组合和云聚集能力

- 自动感知并向作战人员、系统、平台、设备和任务伙伴推送所需要的各种数据和服务；
- 作战人员、系统、平台、设备和任务合作伙伴可以使用各种终端设备在任何时间、任何地点连接到网络；

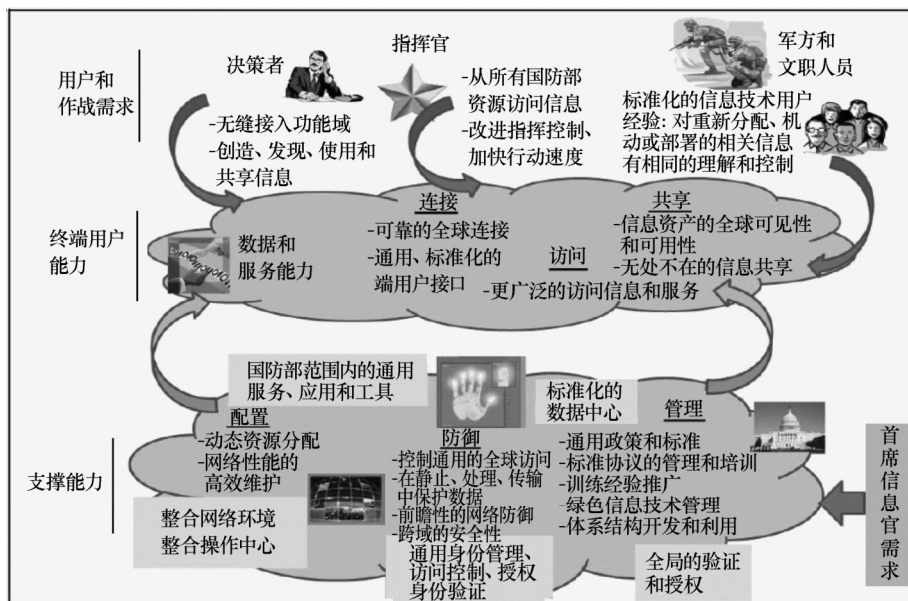


图 3.2 海上联合作战环境能力视图

- 作战人员、系统、平台、设备和任务合作伙伴可以使用各种终端设备在需要时访问信息、服务和其他的信息资源；
- 通过联合信息环境实现信息数据和服务共享，并确保信息数据、服务和资源是分布可见、可利用的。

## (2) 支撑能力

除了联合作战数据、服务、资源的随机组合和云聚集能力外，海上联合作战环境还要具备保证自身稳定、灵活适应环境和任务变化的支撑能力，包括配置、防护和管理能力。支撑能力包括：

- 体系结构、规模的自适应能力；
- 对所有的用户和设备实施通用的访问控制；
- 具备跨域安全和主动的网络防护能力；
- 通用的政策、标准和管理流程；
- 有效开发和运用基础设施。

## 2) 面向服务的海上大数据联合作战体系功能模型

由于海上联合作战的复杂多样性，海上大数据联合作战体系功能组织采用“以



数据（知识）为中心”、面向服务的体系结构。其跨领域的功能模型是层次化的，包括核心层、选择层和自适应层。核心层，功能出现在所有视线中；选择层，功能的出现取决于需求；自适应层，功能的出现基于系统的接口。每个层次模块使用较低层提供的服务，完成本层定义的功能，并为较高层提供服务。高层指导低层，低层对高层提供支持。高层功能是低层功能的涌现，低层功能是高层功能的逐层降解。这种结构是一个资源、功能和载荷可扩展和伸缩的能力体系，具有高度的可扩充性、动态组织性，具有灵活集成、无限扩展等特点。表面上，它们相互独立；实际上，它们的工作面向服务相互协同、相互支持。层次间的功能模块可调用和复用。因为系统采用层次结构，所以当任何一层发生变化时，只要接口关系不变，则这层以上及以下各层均不受影响。业务上，支持各级各类指挥机构和作战实体的语音、数据、图像、视频等各项业务；功能上，提供分布式计算、信息查询、态势标绘、定位、导航等，方便各级指挥机构随时随地接入，以支持联合作战的各项应用；通过信息共享实现信息优势、决策优势，最终达到全面主宰战场的目的。面向服务的海上大数据联合作战体系功能模型如图 3.3 所示。

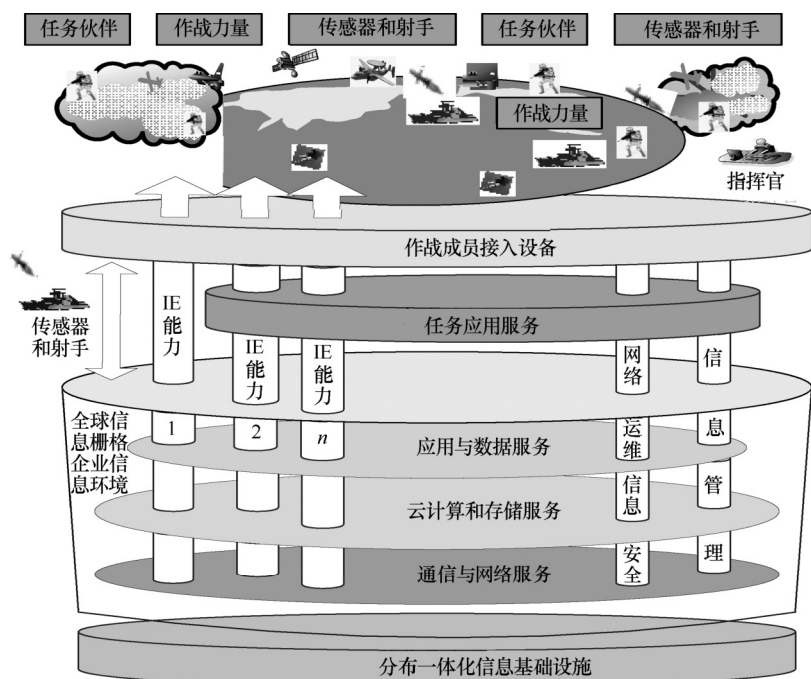


图 3.3 面向服务的海上大数据联合作战体系功能模型

这样,大数据指挥与控制就变为计算机在具体设备中的应用,譬如在 GIG 优势设备中,指挥与控制功能嵌入 GIG 网络节点、平台和系统中。其中,分层结构的优点是每一层实现一种相对独立的功能,当任何一层发生变化时,只要接口关系不变,则这层以上及以下各层均不受影响。此外,某一层提供的服务可以增加、减少和修改。设计时只需要考虑每一层本身的功能及与其他层次之间的接口,层与层之间通过服务接口扩展功能,同一层通过标准化的服务接口交互。其 SOA 机制可与 COP/CTP 等很好地衔接,而自身的自适应层对于不同用户终端能够非常灵活地满足不同类型节点各自特殊的要求,再通过可选层可满足不同用户扩充和升级的需求。应用时,基础设施的功能由参与联合作战的实体根据需要进行剪裁、执行,并将其与各种武器、传感器及指挥控制系统已执行的计算机程序相集成。整个体系是开放的、集成的。

在 GIG 基础设施上,美军已研究出一种聚焦于扩展、增强现有作战体系能力的原型系统框架,具有连接海、陆、空、天,支持全源的、增强的空中、陆上和海洋态势感知,以及基于大数据特征和行为特征的识别能力,保留将作战、指挥控制、计划、侦察、监视、后勤等所有数据都输入海军战术云(NTC)<sup>②⑦</sup>中,实现数据的互操作与及时分析,改善和提升目标识别、指示告警、敌人意图判断和位置预测并增强网电空间的攻防能力。在 ISR 能力的互操作上,美国海军通过与陆、空、天各军种密切协作,并将这种互操作性最终扩展到联合部队的指挥与控制互操作、作战系统互操作和战术指挥的互操作上。在网络连通和恶劣环境下的通信能力上,美国海军正研究开发在无连接、断续连接和有限带宽情况下,舰船之间、海空之间和陆海之间的高效连通能力,计划于 2015 年中后期投入使用。

### 3.2.2 海上大数据云计算联合作战系统平台框架

情报、信息和数据是作战的依据。网络是网络化作战行动的主体。联合作战既是多种实体、作战平台、系统和战场环境结合在一起与敌对抗的组织过程,也是各种物质、能量、信息全面开放,在战略、战役和战术的不同层面和指控、火控的不同粒度上“聚合”和“对焦”的过程。其态势共享、信息共享、知识驱动、决策快

<sup>②⑦</sup> 海军战术云(Naval Tactical Cloud, NTC)是一种部署于战术前沿的海上作战用云生态环境,是海军各项大数据技术应用的基础平台。它提供海量存储运算能力、可快速定制的应用程序,以及高性能的数据分析预测工具集和安全的跨密集网关服务。



速、协同行动需要大规模的数据存储、处理、分发和应用。各个作战实体在环境和整体使命的制约下相互制约、相互配合、相互协同。同时，各个实体、平台和系统又具有相对的运行独立性和管理独立性。根据复杂系统理论，需要统一的集成体系架构。在该架构上，信息处理是分布的、协作的和智能化的。面向服务，该体系架构可分为系统服务层、核心服务层、基础服务层和公共应用服务层。结构上，为实现灵活构建系统，采用了分层化的思想。各联邦成员在物理上和功能上相对独立；在不同的层次，不同属性的联邦成员可以通过“适配器”自由地加入体系中，实现对基础性原始数据、基础数据、战场态势数据等不同属性层次数据和信息的灵活处理和使用。可在恰当的时间、恰当的地点将恰当的信息，以恰当的方式传交给恰当的用户（系统、人或设备），甚至预先向下一个需求提供所需要的信息。

- 为多平台、实体和作战单元联合作战提供一个统一的作战平台和协同的作战环境，将地理上分散的“信息能力、过程和人力”联系起来，达成信息和知识的高效共享，以在更多的功能领域和更大的空间范围组织不同规模的联合作战体系。这样既可充分利用已有的作战资源，又可以使分散的战场资源形成合力，为进行不同规模和样式的联合作战提供物质基础。
- 提供多视角的作战组织和运行服务。针对不同的联合作战使命任务，能够对集成的各种作战资源进行有效匹配和组装，对战场作战资源进行有效集成和管理，包括：信息上面向需求，在恰当的时间、恰当的地点向恰当的人（系统、设备）提供所需要的恰当的信息，以及预先为下一个决策提供所需的信息；指挥上自组织（自主作战、自主指挥），火力上提供服务的要求，并在作战目标引擎的驱动下，实现对联合作战任务的分布式协同控制。
- 随环境和使命任务变化不断演化，包括结构演化和功能演化，不断达到实体、信息基础设施平台和环境一体化，形成适应任务和环境变化的体系自组织能力。

### 1. 海上大数据处理的内容和要求

海上行动需要作战指挥系统和作战人员在多维空间对战场态势及其变化做出快速而正确的反应，包括作战方案和行动策略：进攻策略、防御策略及机动策略。多平台联合作战还面临多作战主体联合决策与协同、时敏目标打击的问题。所有这些都需要战场上分布的作战实体和平台具有快速的分布决策能力和灵活的反应能力。



信息过多会造成灾难，有时比没有信息更坏；数据过少，会难以决策和控制；敌人的有意误导可能导致己方错误的判断，信息冲突会使人无所适从。如何去粗取精，获得精确信息和数据；去伪存真，获得真实的情报？“由此及彼、由表及里”，获取所要的信息和数据，及时按需满足不同行动任务和目标，是一切行动的价值。在战略层面，这是大数据分析和高层信息融合；在技术和战术层面，这是低层信息融合。这不仅需要及时、准确的数据，还需要对战场态势的发展和敌方未来可能的行动进行分析，提供预测信息。而所有这些都是建立在相应的数据分析和推断基础之上的。预测、分析、决策和推断需要高智能的辅助指挥决策系统的支持。

### 1) 处理的内容

大数据的优势之一是全局性和全体性。海上大数据包括结构化数据和非结构化数据两类。结构化数据通过关系型数据库进行管理和访问，数据价值密度高，但大多是历史的、静态的。即便如此，目前面对这些海量结构化的情报数据仍然缺乏高效的手段和技术加以应用，其中隐藏的知识和聚合的价值更是难以获得，还缺少有效的手段进行知识的可视化和定制化展现，如对目标活动规律、侦察预警探测装备受海洋环境和电磁环境实际影响的能力分析、基于多维多层级信号/数据特征的目标身份识别，等等。非结构化数据包括半结构化和完全非结构化数据，如水文气象、航天侦察、技术侦察等获取的视频、图像、音频、文档等数据，具有容量大、时效性高、结构复杂等特点，其中蕴含了当前瞬息万变的战场态势和稍纵即逝的行动时机。由于没有规则的格式和有效的数据分析能力，这些价值密度较低的数据较结构化数据更难以进行知识的提取和价值的利用。

海上大数据（云计算）需要处理来自海面、海底、空中、太空和地面的各种情报信息和数据，包括：

- 海战场环境的大数据综合处理；
- 对方决策者和主要指挥官的性格和行为特点分析；
- 对方政治外交类活动、平台和武器活动、行为规律和定位数据的综合分析；
- 国际、国内舆情的大数据处理；
- 后勤和人员活动的大数据分析；
- 敌方重要演习的大数据分析。

上述内容从战略情报、战术信息到火控类数据的联合与区分，从分布式检测、



综合识别，到战场态势感知、联合指挥决策，再到目标指示、武器协同控制，从战场管理到支援保障——全领域和过程贯穿着消除不确定性，而战场上的信息缺失和信息爆炸常相互掺杂。因此，要想获取及时、准确、全面的目标信息和战场态势，大数据处理能力就成为现代信息环境下获胜的关键因素。

其中，作战大数据包括指挥与控制类数据、火控类数据和管理保障类数据。特别是对影响战斗力的“人、武器装备和战场环境”诸要素进行大数据挖掘和分析，包括作战平台、作战人员、作战武器、后勤保障装备、通信导航设备，目标、使命和任务，战场态势，环境信息和数据，社情舆情，政治情报等。

这些信息涉及兵力、火力、ISR、机动、后勤等诸多决策分析的内容。一体化作战要求对战场出现的新情况、随机发现的敌方目标及时做出反应。反应速度已成为作战制胜的关键要素。然而，实际指挥决策面临许多严峻的挑战：一是很难获取最佳决策信息与指挥员拥有大量原始信息之间的矛盾；二是指挥员在指挥决策活动中的主导地位与主观决策失误之间的矛盾；三是指挥决策的复杂性与时效性之间的矛盾；四是指挥决策的多解性与寻求最佳决策之间的矛盾。作战指挥与行动必然滞后于战场实际。决策时需要对所有的过程、相关因素与结果进行有预见性的思考和行为选择。这就要求增强两方面的功能：一是预测功能，通过某种机制及相应的技术手段，提高信息用户对可用信息的预见性；二是触发功能，即针对不同作战单元提供实时更新的“战场态势图”和关键时节的关键信息，并及时向联合作战体系的相关单元分发。只有将技术思维和军事理论思维结合起来，才能使作战指挥决策进入人机结合智能较高的层次。数据分析就是通过对大量相关和不相关的数据进行时空属性分析，对数据进行归类、关联，揭示数据之间内在的层次和联系，并进行推演；对于数据的变化，则分析数据变化的原因，跟踪数据变化的过程，进行综合评估。

在复杂的海战场环境下，作战指挥决策具有典型的对抗性、模糊性、不确定性特点。对于海上联合作战，作战指挥决策相当于多人从不同的视角在不同的场景中对同一问题进行学习和求解。分布式辅助决策支持系统（DDSS）利用专家系统、决策机制、学习机制和分布式数据库，在博弈推演、定势判断和协作的基础上自动快速地提供相关决策建议。其中，多模型驱动不仅可以利用过去的数据、模型、方法和知识进行自学习和有限推理，而且可以生成新的数据、模型、方法和知识，模型之间相互交互并彼此协同。以舰载 C<sup>3</sup>I 系统的“CBR 模型”（即基于案例推理模

型)为例,上述过程就是不断地观察和处理来自战场的大量信息,并将其与先前已知的信息和规则相互结合,进行决策。通过反馈不断地学习,随时修改先前不适用的规则,从而不断地发现和更快、更好地处理新的环境和竞争信息。各参战实体相互沟通和协作,系统根据作战条例和历史经验建立相应的军事知识库,然后基于此建立起一套推理规则,一旦得到新的数据或知识,就将它及时加到知识库或数据库中去,并相应地修改推理规则。其中的知识分为两类:一类是全局知识,代表所需解决问题的方向;另一类是局部知识,提供解决具体问题的途径。

### (1) 基础海洋环境信息保障

基础海洋环境信息保障包括海洋环境参数(温度、盐度、密度、声速、海流、潮汐、地质、地形、透明度、水色等)、大气环境要素(云、雾、气温、降水、湿度、台风等)、电磁环境参数、航行安全参数(海岸线、岛礁、禁区、领海、人工设施)等;海洋水声环境信息(声传播损失、海洋噪声与混响、声呐作用距离、海洋中尺度特征、跃层参数、会聚区参数等)、水下航行深度优化参数、磁力场、重力场等。

### (2) 作战应用产品信息保障

- 信息处理和数据融合:融合不同来源的战场资源信息和数据,使不确定性最小化。这包括即时协调传感器生成具有作战质量的可用信息,地理空间注册,位置、跟踪、目标和时间的识别,聚类战场目标和事件,生成正确的态势感知。
- 信息服务:包括不同领域、服务模块、谱系、结构、数据库等,支持实时、动态的信息管理。
- 战略战术数据和信息分发:包括数据方式和重要性,以及信息内容、结构、反应时间、网络限制和用户技术能力的持续提供。
- 用户定义的可视化:以适合用户需求的形式展示信息,对用户友好。

### (3) 信息采集与更新保障

信息采集与更新保障主要包括战场空间数据、军事专题数据、作战应用产品信息的实时获取、动态更新,按需实时进行网络化发布。

### (4) 智能化作战决策支持

随着高新技术的飞速发展,特别是在 GPS、RS、先进传感器、无人作战平台等



技术的支撑下，智能化作战决策为信息化海上行动提供了支持，包括：

- 空间环境分析，军事 GIS 可以实现战场环境信息空间查询与分析、环境信息作战敏感特征参数提取、航行路径分析、可探测区域分析、空间距离量算、面积（体积）量算等；
- 战略战役层次任务规划，如海军基地规划、联合后勤规划、军事基础设施管理、战区规划、联合作战任务规划、作战方案支持、导弹攻击支持、打击效果评估、应急作战准备计划、作战目标分析等；
- 战役战术层次作战管理，包括战场模拟、战场监测、战场管理、区域战区规划、航行计划、导航管理与控制、阵地规划与配置、战术原则、支援保障计划、武器打击轨迹分析与效能评估等；
- 实时作战信息支持，包括实时数字海图、战术机动方案优化、地形匹配与水雷目标识别、航行路径优化等，为联合作战提供不同层次和粒度的 COP/CTP 支持和多媒体专题信息服务。

### 2) 处理的要求

大数据处理在于发掘数据内部具有发现性和指导性价值的模式或知识。根据海上行动的特点，海上大数据处理是大规模并行处理，及时从海量大数据中提取、得出所需要的信息、数据和知识，包括特定的、前瞻性的信息和知识，按类按需进行及时处理，预先处理和备用。

对于指挥而言，不论是集中式指挥，还是分散式指挥，一定的作战方式总是建立在一定的技术基础之上的。大数据时代的指挥要求统一协调、实时联合、增值高效。

对于控制而言，大数据时代的控制要求准确、到位、协调，能随使命任务和环境改变灵活变化。

大数据处理内含预先分析、全源融合、按需分发、实时共享，提供最少的足够可靠的情报信息和及时的精确数据，甚至提前提供相应的情报、信息和数据。

在处理速度上，海陆作战要匹配空天作战的速度和节奏；陆海作战应用的数据处理速度要匹配空天作战的节奏。

在处理质量上，质量要求包括火控类质量要求、指挥类质量要求、规划类质量要求和保障类质量要求。

## 2. 大数据云计算平台框架

在海上行动中，大数据的目的是将战场态势、信息情报、战场管理、水文气象等作战用和保障系统用的情况进行综合处理，从海量的情报数据、移动数据、传感器网络、GPS 数据、遥感数据及卫星通信等作战信息数据中发现指挥控制知识和信息，实现对联合作战行动的指挥与控制。根据“三个世界”理论，分布式联合作战逻辑体系架构可分为三层。其中大数据居于分布式联合作战逻辑体系的核心，集中了各种信息情报数据资源、存储资源和计算资源。通过大数据分析、大数据预测和大数据评估，其知识对中间逻辑层的人脑及其现代科技延伸物，外层的兵力、平台、系统和装备（物理层）完全透明。中间逻辑层和外层（即物理层）及时按需获取行动所需的知识、情报和数据。中间逻辑层接收核心层的知识，根据自己的意愿和磋商结果向外层下达指令和信息；外层接收中间层的指令信息和核心层的数据进行行动。基于“三个世界”理论的分布式联合作战逻辑体系如图 3.4 所示。

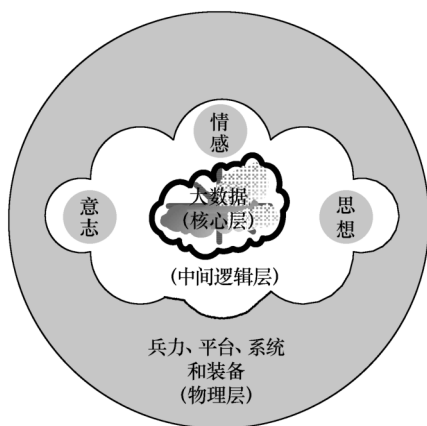


图 3.4 基于“三个世界”理论的分布式联合作战逻辑体系

在数据处理上，大数据不同于传统的堆栈式信息处理，它需要共性创造与共同分享。现代信息技术发展的趋势和主流是开源。从第一台计算机诞生到移动通信、互联网，再到今天的大数据，共性创造模式和开源技术已成为主流。共享、协同、联合是价值创造的源泉。

在海洋活动中，实时海量的数据集分析需要像 MapReduce 一样的框架来向数十、数百，以至更多的计算机分配工作。这些计算机联网协同并行工作，也因此必须采用分布式网络架构。它的特色在于对海量数据进行分布式数据挖掘（SaaS），但它必须依托云计算的分布式处理、分布式数据库（PaaS）和云存储、



虚拟化技术 (IaaS)。由于网络中心战的服务模式和云计算的服务模式原理相同, 并且云计算具有超大规模、资源虚拟化、按需服务、高可靠性、高通用性和可伸缩等优点, 因此基于云计算构建大数据联合行动体系平台框架就成为了一种必然选择。相应的, 大数据云计算也就成为大数据联合指挥与控制行动的核心。20 世纪末, 美军基于海、陆、空三军联合指挥控制系统构建了新一代网络使能指挥信息系统 (NECC) 平台, 原计划于 2013 年年初建成。该平台具备在用户提出请求后的 5 秒内提供相应服务的能力。NECC 采用了基于全球信息栅格的无缝网络结构, 将客户/服务 (C/S) 工作模式转化升级为以数据为中心 (Data-Centric) 的工作模式。其采用 Web Service 技术设计, 将目前通信系统的容量提高 500 倍以上, 数秒即可完成情报信息搜索、处理、传递等功能, 实现各类联合作战行动和情报、态势、命令、计划等大数据的集成, 使指挥与控制的能力作用范围最大程度地拓展到各军兵种的各级作战终端, 满足网络化作战能力需求。

以大数据为核心, 基于云计算, 客观物质世界的各级指挥官为指挥与控制组织网中心, 所有兵力、平台、系统和装备通过通信网络 (或智能代理) 与云计算中心相连, 及时获取指令、数据和知识, 展开行动。基于“云计算”的大数据指挥与控制逻辑拓扑如图 3.5 所示。

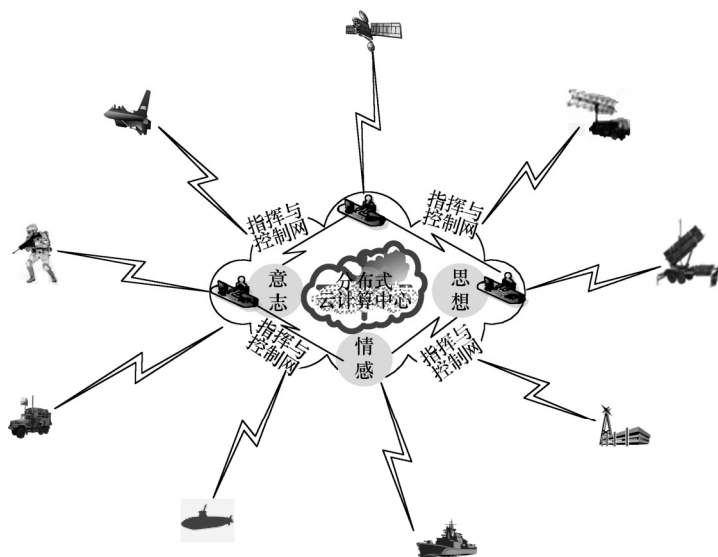


图 3.5 基于“云计算”的大数据指挥与控制逻辑拓扑图

云计算的核心是分布可伸缩业务模式。其本质是数据处理技术。云计算是分布

的,通过网络相互备份并实时共享。它可以部署在各个系统、平台和设备中,如岸基指挥中心、海上平台指挥中心。大数据应用与云计算对基础设施底层的要求是一样的,即标准化、自动化、灵活的资源配置、系统自愈性等。

基于以上逻辑架构,可从总体框架上构建一个对外部用户或应用透明的数据逻辑中心。数据逻辑中心由物理上分散部署的各级指挥信息系统的数据存储节点组成,各存储节点之间通过数据感知和同步手段实现全局基础共享数据的实时或定时同步,为作战应用提供逻辑上统一的数据来源,简化数据部署流程,保障各级数据的一致性。围绕数据逻辑中心,美国海军一直在寻求建立大数据生态系统并将其大数据生态系统软件平台,即海军战术云参考设施(NTC RI)与分析工具和相关接口绑定,结合云计算、大数据和跨域技术,提供与态势有关的全部数据的实时视图,提升相关系统、平台和人员的作战能力。

然而,由于体制、技术、实时性及安全等因素,实际的海洋行动大数据云计算设施一般不是单一的云,通常分布有多种云和云端,包括公共云和私有云、战略云和战术云。一个典型的海洋联合行动任务,如海上编队护航行动,其任务行动涉及的各种云计算设施节点包括:国家陆基核心节点(企业级),前沿岸基部署节点(部署级),舰载-部队/群中心节点(部署级),海、陆、空、潜边缘节点(单元级),以及无人机/直升机等平台小云节点。其中,国家陆基核心节点具有最大的峰值运算和存储能力,可作为部署节点和边缘节点的回传处理中心,提供企业级的海上 IaaS、PaaS 和 SaaS 服务;部署节点分为前沿岸基部署节点和舰载-部队/群中心节点,可提供比国家陆基核心节点低但比边缘节点高的存储运算能力和计算资源,具有在无连接、断续连接和低带宽环境下的服务能力;边缘节点是一种单元平台级的作战节点。国家核心节点、前沿部署节点、舰载-部队/群中心节点及边缘节点之间以各种通信方式互联、灵活编组和剪裁,构成相应编队或群的联合作战云环境。

基于云的海上联合作战总体集成体系应用如图 3.6 所示。

技术上,随着大数据和 Web 2.0 模式的兴起,使得信息数据的产生、传播和应用产生了分离;知识的产生和应用传播更多的是靠用户之间的互动与交流。产品、平台、终端和用户逐渐分离,使得技术上可以构建统一的基础和应用平台,从软件即服务(SaaS)、平台即服务(PaaS)到基础即服务(IaaS)。

大数据云计算平台是复杂海洋环境下多种力量联合作战的基础。用户的活动是



应用各种软件或购买服务，如电子邮件、某个数据。但云计算要在海上大数据指挥与控制行动中使用，适合现在和未来可能的各种军事和非军事行动需求，必须有一个统一、开放的体系架构。其主要活动包括提供服务、资源抽象、分配管理及对构成云计算环境的物理资源层的控制等，如与用户和过程有关的业务支持、优化，服务的供应和配置，资源更改、监控和测量，以及支持在云间迁移服务和数据和互操作性支持等。这是一个开源和层次化的结构，内含计算功能、通信功能、管理功能、信息表示与服务功能、网络操作功能。最上层是各种应用和服务，中间层是资源抽象、云计算和系统控制，底层是标准和基础设施。上层指导低层并为其上层提供服务。

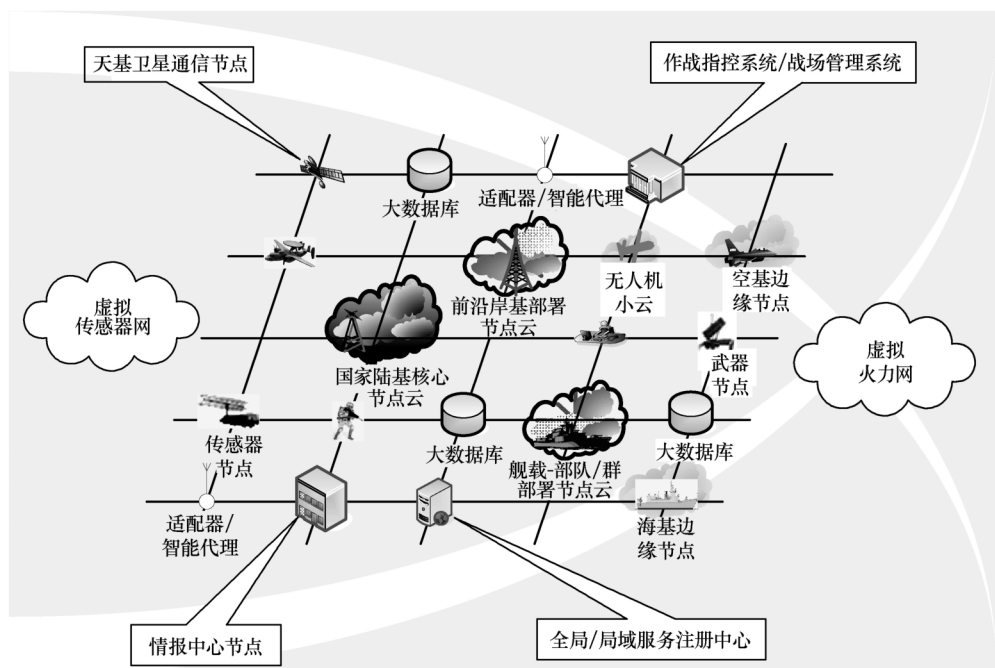


图 3.6 基于云的海上联合作战总体集成体系应用

从资源、能力、平台到应用，基于大数据云计算的指挥信息系统体系架构如图 3.7 所示。

## 1) 基础层

在基础层，信息共享、系统互连、信息互通、设备互操作。内容包括制度、条令、体系结构、标准化、频谱等的分布一体化信息基础设施。这是一个不断演进的社会-技术网络（Socio-technical networks）体系。



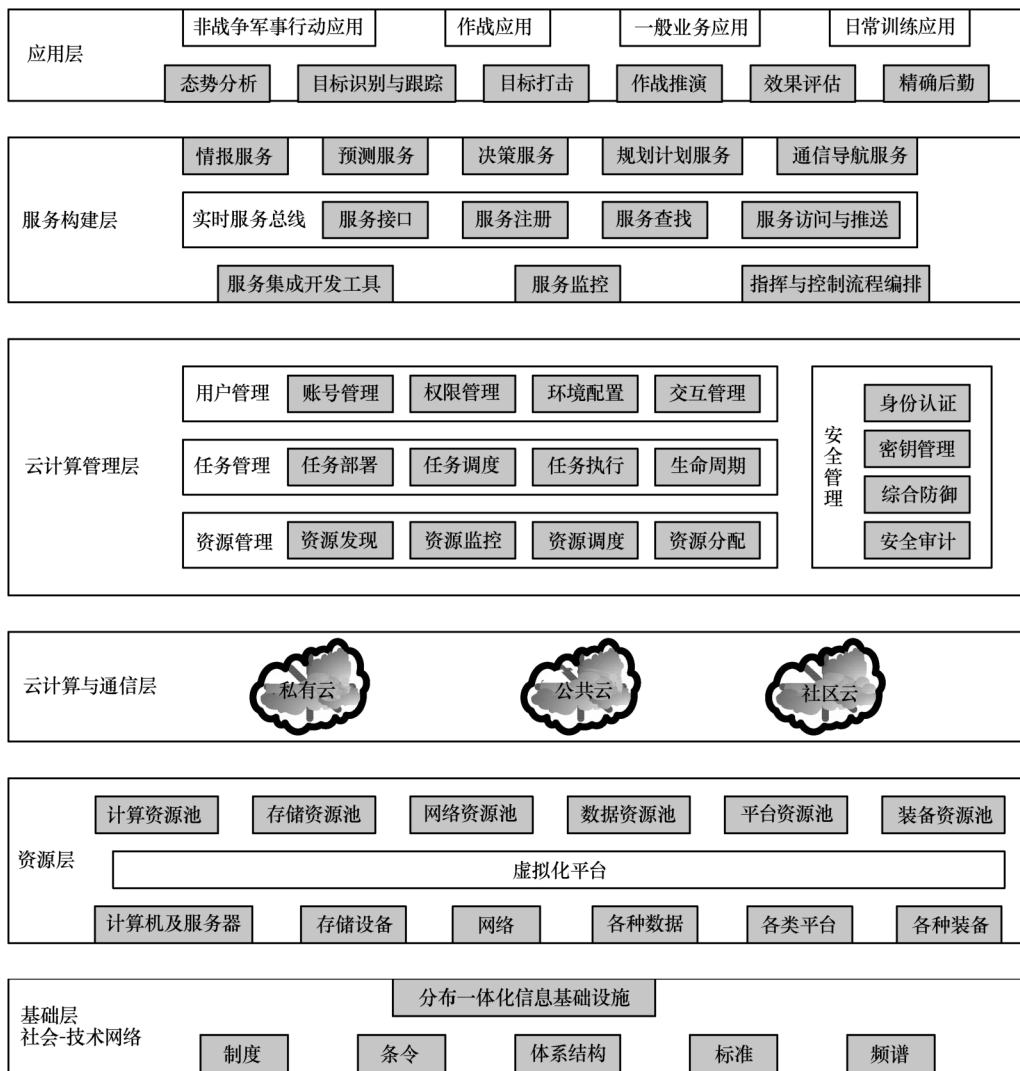


图 3.7 基于大数据云计算的指挥信息系统体系架构

## 2) 资源层

资源层包括计算机、存储设备、网络、各种数据、各类平台和各种装备等。经过虚拟化之后形成计算资源池、存储资源池、网络资源池、数据资源池，以及装备资源池等各类资源池。虚拟化技术是一种资源管理的手段。它按现实的需要对资源的粒度进行划分，灵活地进行分配和组合，最大限度地提高资源应用效率，减少浪费。“池化”是对资源的一种逻辑抽象，是一种资源管理思想，也是提高资源利用



率和灵活性的有效手段。在基础设施环境的基础上,所有软、硬件资源都可以看成一个资源池中,需要时从中按需取出,不用时放回池内。资源池根据类型可以分为计算资源池、存储资源池、网络资源池、数据资源池等。

### 3) 云计算与通信层

该层是基于云计算的指挥信息系统体系架构的核心,提供不同领域和类型的大数据云计算业务和信息网络交换与协作服务。它包括云计算服务器组件、网络中心企业服务软件(NCES)及高速网络设备等。其云计算的部署方式可根据用户选择公共云、私有云和社区云等方式。

在通信上,基于软件定义网络(Software Defined Networking, SDN)采用 OpenFlow 等技术,可实现数据通信网络控制与数据平面相分离。在虚拟化 SDN 中,根据应用对网络的多种不同需求,数据网络通信自适应多路由,快速、动态和可定制地变化。

### 4) 云计算管理层

云计算管理层是云计算的中枢,负责对资源池进行管理、监控和分配,对运行中的服务和任务进行调度和管理,对系统用户进行管理和权限控制。该层包括资源管理、任务管理和用户管理。

资源管理包括资源发现、资源监控、资源调度和资源分配。其基本功能是接受来自云计算应用服务的资源请求,并且把特定的资源分配给资源请求者;合理地调度相应的资源,使请求资源的作业能顺利进行。云计算资源很多,资源管理从逻辑上把这些资源整合起来作为一个集成的资源提供给用户。应用服务和资源代理进行交互,资源代理向应用服务屏蔽了云计算资源和云计算的复杂性。

任务管理完成服务启动、服务任务创建,并对服务任务进行调度,监控任务的运行状态。同时,它监控各个服务器的运载情况;利用调度算法,确定优化的任务分配方式,达到负载均衡和资源的合理利用。任务管理必须具备在各个服务器上动态迁移的能力,能够与资源管理进行交互,申请和释放资源。

用户管理和安全管理,主要完成系统的访问控制,完整性、安全性检测和反应,以及安全政策管理,贯穿于所有层次,包括增加、修改用户信息,修改权限信息,用户的身份认证,安全审计等功能;同时,提供数据加密、解密服务,确保信息传输的安全性。

### 5) 服务构建层

服务构建层是应用服务运行于云计算应用体系架构上的集成平台。一方面,通过服务构建层,应用服务可以通过统一的标准和接口来相互访问,远程节点也可以通过这些接口访问到云计算中心提供的服务;另一方面,云计算管理层也通过服务构建层对应用服务进行调度和容错处理。

基于面向服务的体系架构(SOA)的思想,开放接口采用中立的方式进行定义,独立于实现服务的系统硬件、操作系统和编程语言。各种服务可以一种统一和通用的方式进行交互,包括提供规范化的服务契约、松散耦合性、服务抽象性、服务重用性和服务自治性。

服务总线为应用构件提供服务发现、注册、访问等服务,进一步解除构件之间的耦合性,使得服务“即插即用”。应用构件通过标准的访问接口接入服务总线,并完成相互访问,完成系统的集成。同时,该层提供流程编排能力,视情况动态地改变系统业务流程。此外,服务构建层提供基于服务规范的开发规程和工具,以提高服务开发效率。

### 6) 应用层

应用层包括非战争军事行动应用、作战应用、一般业务应用和日常训练应用,内含态势分析、目标识别与跟踪、目标打击、作战推演、效果评估和精确后勤等。

上述开源的分层架构,可以充分发挥云计算平台技术面向分布式大规模系统的资源汇聚、管理和调度功能,提供高性能的可扩展的分布式通信、存储和计算能力,结合 SOA 理念,在大范围内提供对数据的统一支撑、服务的生命周期管理、交互管理、可靠性和可用性管理支持,实现系统范围内的松耦合架构和应用。其层次化结构中的下层为上层提供支撑,上层为下层提供指导,突出了体系的灵活性和生长性。

为了应对海洋行动大数据带来的挑战,需要综合运用虚拟化、云计算等新技术,从基础设施层面构建支撑大数据存储、管理应用的平台。通过建立强大的数据存储分析能力支持海上行动需求,实现数据驱动的决策。其中,数据中心是整个系统体系的知识中心及通用的业务平台。“数据跨域分布集中、应用各取所需使用”的数据中心方式,不但能为本级各业务部门应用提供公共的存储资源,同时可以担负海上各级各类指挥信息系统的数据存储与管理,可有效提升信息资源和基础设施



的利用效率，为各种海洋行动大数据指挥信息系统技术应用提供基础层面的有力支撑。在诸多软件平台技术中，Hadoop 是目前大数据平台中应用率最高的一种技术，特别是针对诸如文本、社交媒体订阅及视频等非结构化数据处理而言。该技术平台基于 Google 公司 2003 年研发的 Google 文件系统 GFS 和 2004 年研发的 MapReduce 编程模型，包括分布式开源产品 HDFS (Hadoop Distributed File System) 和大数据集处理 MapReduce 架构及以其为基础建立的系列产品。其中，HDFS 负责静态数据的存储，并通过 MapReduce 将计算逻辑分配到各数据节点进行数据计算和价值发现。Hadoop 包含一个主节点 (JobTracker) 和众多从节点 (TaskTracker)。作为核心节点，JobTracker 主要负责调度、管理作业 (Job) 中的任务 (Task)。TaskTracker 作为任务节点，主要负责执行 JobTracker 分发过来的任务。当作业提交给 Hadoop 系统时，其将数据处理任务抽象为一系列的 Map (映射) 和 Reduce (化简) 操作对。Map 主要完成数据的过滤操作，Reduce 主要完成数据的聚集操作。输入、输出大数据均以  $\langle \text{key}, \text{value} \rangle$  格式存储，用户在使用该编程模型时，只需要按照自己熟悉的语言实现 Map 函数和 Reduce 函数即可，MapReduce 框架会自动对任务进行划分以做到并行执行。Hadoop 的扩展能力得益于 shared nothing 结构、各个节点间的松耦合性和较强的软件级容错能力：节点可以被任意地从计算机集群中移除，而几乎不影响现有任务的执行。该技术被称为 RAIN [Redundant/Reliable Array of Independent (and Inexpensive) Nodes]。MapReduce 卓越的扩展能力已在工业界 (如 Google、Facebook、Baidu、Taobao) 得到了充分验证。Hadoop 对硬件的要求较低，可以基于异构的便宜硬件来搭建机群，且免费开源，因此其构建成本低于并行数据库。海洋行动作战数据中心可透过虚拟化和云计算框架进行设计。

利用 Hadoop 平台强大的数据分析处理能力，结合云计算和大数据挖掘技术，可建立基于 Hadoop 的大数据指挥信息系统模型架构<sup>28</sup>，如图 3.8 所示。

海量异构的多源数据经过抽取和转换，作为资源存储、传输到分布式计算平台；通过构建关联、聚集、分类、序列、回归及偏差检测等大数据挖掘模型进行分析，将数据处理进一步抽象为 MapReduce 编程模型。当请求地貌分析、目标发现、风险评估、意图分析及兵力分析等业务时，调用 MapReduce 层之上的 Hive、Pig、Datameer 及 Pig 等高级数据处理流程，执行面向大数据访问的深度分析。

---

<sup>28</sup> DEAN J, GHEMAWAT S. MapReduce: Simplified data processing on large cluster [C]//OSDIp04: Proceedings of the 6th Symposium on Operating System Design and Implementation, New York: ACM Press, 2004.

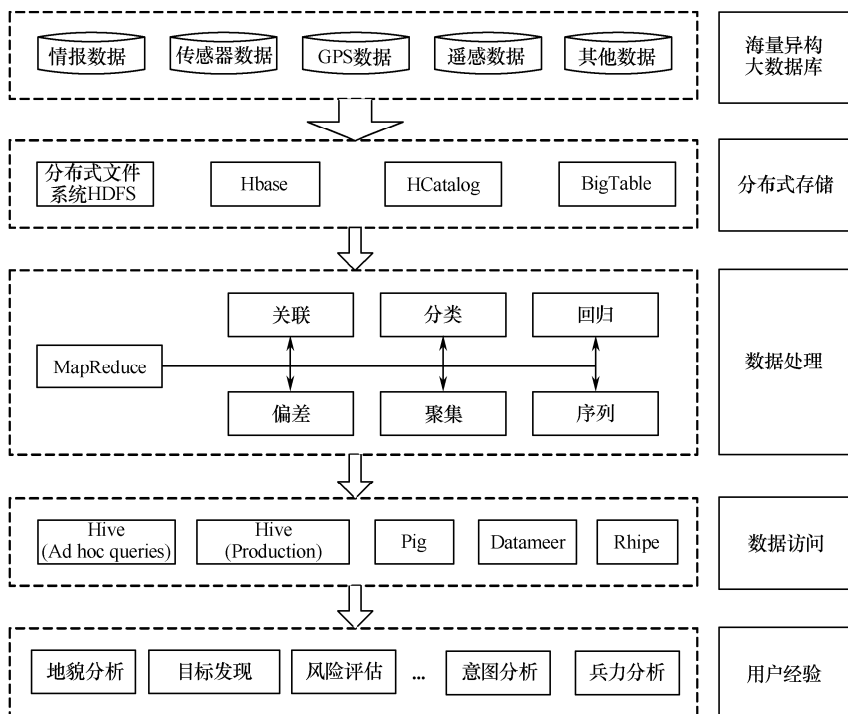


图 3.8 基于 Hadoop 的大数据指挥信息系统模型架构

### 3.2.3 关键技术

大数据指挥与控制以数据（知识）为中心，是指挥与控制的一场变革。它除了要构建大数据生态及其网络环境外，涉及并需要诸多技术支撑。围绕虚实并行的客观物质世界和客观知识世界，其关键技术包括大数据存储与管理技术，大数据并行处理系统技术，大数据智能分析技术，高速、大容量、自适应网络通信技术，嵌入式/平行仿真与可视化技术，以及实时大数据安全技术。

#### 1. 大数据存储与管理技术

客观知识世界的大数据在客观物质世界中存在存储问题。实时、海量、分散、变化、异构大数据的出现对指挥信息系统的数据存储与管理能力提出了更高的要求。而海量数据的存储与管理是数据分析的基础。SAN 等传统数据存储体系架构已经不适应大数据的存储需求。

目前，各种指挥信息系统存储架构多采用主流的存储区域网络结构，使用光纤



方式连接共享存储。存储资源本身具备一定的扩充能力,单从存储容量上看,只要有硬件支持应该不是问题,但如果基于这种存储架构要获取对 PB 级以上数据的快速访问能力,则基本没有可能。根本原因在于在磁盘存储容量快速增加的同时,磁盘数据的存取(I/O)速度却未能与时俱进。影响磁盘数据存取速度的主要因素是寻址时间和传输速率。寻址是将磁头移动到特定磁盘位置进行读/写操作的过程。这一过程远远慢于传输速率的提高,如果数据集中存储,当使用基于数据库管理系统的“点查询”访问模式时,尚且可以获得低延迟的数据检索效率,但当对海量数据采用“批处理”的访问模式时,这种数据迁移模式无法支持数据的计算,因此基于共享存储、有限扩容的传统数据存储管理机制已经不适应对大数据的快速访问要求。

本质上,存储是计算的静止状态,在一定条件下可以相互转化,转化过程即为数据传输。为保证海量数据的高可用、高可靠和经济性,并且考虑到存储系统的 I/O 性能,云计算环境采用物理分散、逻辑分区的存储机制对规模巨大的情报产品数据进行存储及管理,将大规模情报数据集的检索操作分为两个主要阶段,即 Map 阶段和 Reduce 阶段。在 Map 阶段进行任务分解,将检索任务分发给一个主节点管理下的各分节点共同完成;在 Reduce 阶段整合各分节点的中间结果,从而得到最终的检索结果。大数据分析平台采用 Hadoop 的 MapReduce 模型,这种并行计算模型能大大加快对情报大数据的处理和查询速度。MapReduce 采用数据分块及冗余存储,通过增加副本拷贝开销以保证存储数据的可靠性;构建廉价服务器集群,达到较高的经济性;利用容错技术解决存储节点时效问题,实现系统的高可用性,并最终通过采用计算存储融合技术消除数据存取问题,达到计算即存储、存储即计算的目标。

目前常用的大数据存储技术是 HDFS (Hadoop 分布式文件系统)。HDFS 是一种基于多台计算机的集群系统。对于一个大小达到 GB 量级的、甚至更大的文件,HDFS 能够将其自动存储在多个计算机上,并且提供有效的组织管理方法。

## 2. 大数据并行处理系统技术

海量信息处理是一种以数据为中心的技术。大数据计算技术提供了使用多台计算机进行并行计算的功能,同时具有对计算任务进行自动分解并发执行的功能。目前最常用的大数据计算技术是 MapReduce。MapReduce 是一种支持程序并发执行的技术,包括映射过程“Map”和归纳过程“Reduce”两个过程,可以对大数据进行预处理,从中抽取重要的部分信息以进行更深入的研究。其特出特点是处理各种非

结构化文本信息。MapReduce 执行流程如图 3.9 所示。

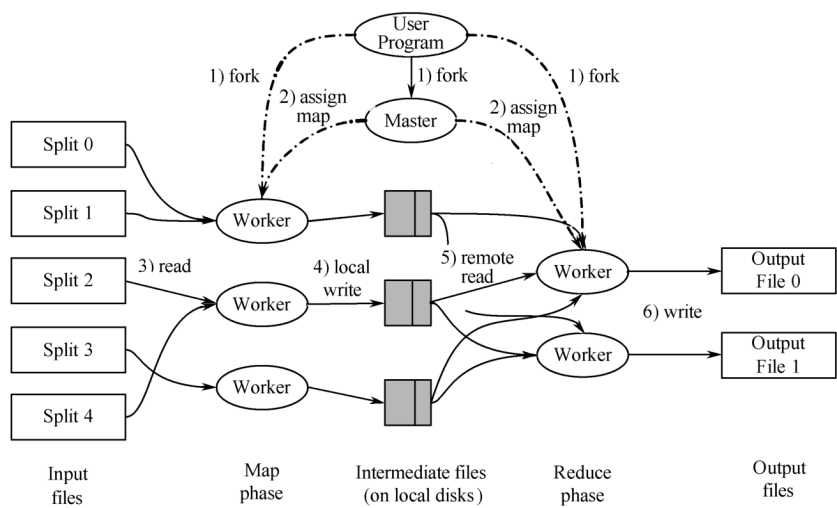


图 3.9 MapReduce 执行流程图

在大数据分析处理过程中，Map 实现对各分块数据的处理并产生中间结果，Reduce 完成对中间结果的归约。MapReduce 极大地简化了分布式编程，将程序开发者从繁杂的并序程序设计及高可靠性与可扩展性解决方案的构建中解放出来，为其专注于应用本身的开发提供了可能。

### 3. 大数据智能分析技术

数据的核心是发现价值，而驾驭数据的核心是大数据分析。实际的目标行为一般十分复杂，很难检测和依靠建模分析，而激增的情报数据背后隐藏着许多重要的知识和信息。除了传统的分类、聚集、关联、信息融合、各种统计推断方法外，利用数据挖掘的自动建模能力等更高层次的分析能有效解决这个问题。大数据智能分析技术包括人工智能处理和学习、智能信息融合与知识发现等深度分析技术。多传感器获取的数据存放在数据仓库中，经过数据清理、预处理，贝叶斯网络、机器学习、决策树、模式识别和评价等数据挖掘处理过程，得到较准确的描述传感器所有环境的模型，动态地识别目标及其行为，实现对其作战能力和意图的认知，进行背景分析、特征分析、关系分析、态势分析和意图分析。例如，美国军方与动态研究公司合作开发了“Rainmaker”智能大数据分析技术，该技术是一种基于战术云计算环境的大数据分析技术。该大数据分析技术平台包括 1800 多个处理芯片及 PB 级别



的大数据分布式存储器，可提供海量数据分析与处理能力。该技术已装备化并已于 2010 年部署到阿富汗。

目前，美国国防部高级研究计划局（DARPA）正在开展一项 XDATA 研究计划，旨在开发用于分析大量半结构化、非结构化数据的计算技术和软件工具。其中最具挑战性的技术是可伸缩的算法用于分布式数据存储、应用，如何使人机交互工具能够迅速有效地定制不同的任务，以方便对不同的大数据进行视觉化处理。对开源软件工具包的灵活使用，使得其能够处理大量应用数据。

### 4. 高速、大容量、自适应网络通信技术

大数据应用的基础是 Web。各种应用和数据集中在云端，需要在不同的云端和应用之间频繁地传递、交换数据和信息，要求实时、可信、可靠。在具有良好设施的基地可使用有线、无线、卫星等多种网络通信技术；但在移动的、恶劣的环境下，无连接、断续连接、网络延迟和低带宽问题<sup>②⑨</sup>需要依靠大数据通信技术来解决。目前有软件定义网络（SDN）自适应通信技术，它采用 OpenFlow 等技术实现数据通信网络控制与数据平面相分离，即将网络数据流处理从控制数据流的逻辑和规则中分离出来，进而实现灵活选择路由，自适应地进行网络通信。

### 5. 嵌入式/平行仿真与可视化技术

现代海洋行动复杂多元，相应的行动计划往往难以因应，而海上态势瞬息万变，如何实时乃至提前提供相应的指挥与控制行动信息既是复杂环境下海上指挥与控制行动的关键，也是态势推演、态势评估的关键。嵌入式/平行仿真与实际的海洋行动并行同步，实时获取真实海洋行动大数据，通过平行仿真推演，预测评估结果，从而指导真实的海上行动的指挥与控制。

大数据支持下的可视化技术可解决长期以来数据只能批处理而不能交互处理的现象。通过人与人、人与数据之间的图像交互，实时发现非结构化、非几何的抽象数据背后的本质问题，可为海上指挥与控制行动决策提供直观、形象、丰富的战场信息和隐知识。

### 6. 实时大数据安全技术

由于大数据的重要性，针对大数据“云”的攻击需要实时主动保护并防患于未然，包括云端的数据安全技术和网络设施的安全技术。安全保护内容包括身份认

---

<sup>②⑨</sup> 即通信领域所说的 DIL 困局。



证、访问控制、异常检测、补丁管理、数据备份及系统恢复等，需要采用大数据安全技术进行预防、检测、诊断并对攻击做出反应，使云应用和基础设施在受到攻击时能够继续运行，并允许个别主机和任务损失。

为了提高对大数据网络威胁检测的准确性和速度，美国国防部高级研究计划局（DARPA）先期开发了网络内部威胁（CINDER）项目。该项目将不同类型对手的活动统一成“规范”的内部网络活动，以迅速揭露各种隐藏操作。

### 3.3 以数据为中心的海上大数据作战指挥活动与指挥

#### 控制机构

相较基于信息系统的指挥控制，海上大数据指挥控制是“以数据为中心”的指挥与控制。作战指挥与控制活动围绕大数据情报信息获取、大数据预测、大数据决策和大数据监视与评估等展开，可并行或离线进行大数据模拟和试验。作战运行模式以知识智能驱动，以集中于各种“云端”的信息为主导，本质上是扁平化的。相应的指挥控制机构设置不同于传统的指挥控制机构和基于信息系统的指挥控制机构，侧重于协调管理、数据保障、指示执行和安全控制。本节首先描述海上大数据作战指挥领域，然后阐述海上大数据作战指挥活动的具体内容，最后论述相应的大数据指挥控制机构。

#### 3.3.1 海上大数据作战指挥领域

海量、多元的大数据可用于人类海上调查和海洋勘探，海运和海上贸易的航道选择，海上应急救援，反海盗，海上反恐，海上巡航，海上缉私、海上贩毒及贩运人口、海上污染等海上执法等海洋活动和海上行动的各个方面和领域。

在作战指挥领域，大数据的应用覆盖海上指挥与控制战略、战役和战术的不同层级和管理、规划、指挥、控制、行动和评估等的不同方面。其中，联合作战要求各种作战单元、作战要素高度融合，达成实体之间的行动协调与同步。联合作战指挥与控制涉及兵力、火力、ISR、机动、后勤等决策分析的内容。这种广域分布、时空上联动的作战需求统一的战场态势，信息共享、系统互操作，要求提供满足不同层级、不同用户需求的一致战场态势图，并根据战场情况的变化及时刷新，为各



战区 and 平台提供一个集成的作战规划、评估和其他支持工具及服务。这包括作战方案和行动策略：进攻策略、防御策略及机动策略。多平台联合作战还面临多作战主体联合决策与协同的问题、时敏目标打击的问题。所有这些不仅需要及时、准确的数据，还需要对战场态势的发展和敌方未来可能的行动进行分析，提供预测信息。

### 1. 战略环境与基础信息分析

- ① 区域海洋地理环境及地缘政治现状，社会政治经济环境和国内外舆论情况。
- ② 敌对方海洋发展战略、意图、目标和行动目的。
- ③ 敌我战争潜力、装备、后勤保障能力及现状，敌方战争准备情况及现状。
- ④ 目标区域和可能失控的区域海洋环境，如气象、水文、海底地质地形、周围环境、人工建造物、港口、机场、军事基地等。
- ⑤ 敌领导层及其主要指挥官的性格特点和行为特征。通过大数据分析，可了解敌方领导者和主要指挥官的性格、能力、思维模式和行为方式。

### 2. 作战空间和战场目标感知

战争总是发生在一定的时空之中。海上作战行动涉及多维的作战空间和复杂的战场环境。其时间属性、空间特征和各种战场环境要素是作战行动的基本依据和条件。由于海战场涉及的空间广大，同时海洋环境特殊，所以早期警戒、探测、搜索、监视、观通、跟踪大数据处理的作用显得尤为关键。

作战空间感知的主要任务是发现并监控整个战场；在有噪声和干扰的背景环境中发现高价值目标或危险目标并尽快将其提取出来，尽早发现隐身目标、小目标和超低空快速移动目标，估计出有关目标的状态和属性。在量上，感知能力大小可用战场“感知度”来表示，包括感知态势的完整性、实时性、清晰度、连续性，目标身份 ID 识别的完整性、精确性和精度两个方面。战场“感知度”取决于各种情报侦察、警戒探测系统和设备的战场信息感知能力（目标发现能力和识别能力）和系统综合处理能力。

这些信息包括：

- 战场环境背景信息；
- 武器平台和装备信息；
- 兵力部署和作战计划信息；
- 重要平台活动信息；

- 电磁活动信息;
- 敌我目标属性类型信息;
- 目标威胁度信息;
- 其他一切相关信息。

目前,大多数信息处理系统的图像/数据融合与战场态势生成是一个分级处理、逐层综合、集中生成的过程。首先底层基于本地区、本专业的战场情报进行加工处理,然后逐层上报,进行融合处理,最后形成一个统一的战场作战态势图,提供给各级各类作战指挥机构、作战部队和武器平台使用。其本质上仍然属于一种层次化的结构,时效性差、系统反应速度慢,信息处理灵活性不足,不能满足不同层次和同一层次不同用户的信息需求,而战场信息总体上包括兵力部署和作战能力类信息、战场环境类信息、重要动态目标类信息、对抗措施类信息,以及社会政治经济类信息。这些信息来源于雷达(预警机)、电子对抗、技侦、人工情报、互联网,以及各类数据库。它们最终反映到作战态势上并可视化为战场作战态势图。如图 3.10 所示,战场态势图由包含公共作战图(COP)、公共战术图(CTP)和火力控制图(FCP)在内的从战略、战术到火控的三个层次互操作信息图簇构成。<sup>③①</sup> COP/CTP 提供某个作战区域战场空间的一个公共的图形化描述,包括敌我兵力和火力的位置和状态信息、计划部署和部队调遣信息,相关的天气、电磁、作战评估等信息,特征及规划,如作战计划、飞行器穿越区域情况等。其中,COP 主要由用于任务规划和部队管理的非实时战术和战略信息组成,如敌方和我方的行动路线、与敌方有关的先验知识,以及文化、政治和地理特征信息等;CTP 主要由用于提示和管理战场兵力资源(包括传感器、通信系统和武器等)等的实时/近实时战术信息组成;FCP 由实时的火控质量的数据/量测信息组成,主要用来支持武器的发射,同时对飞行过程实施导引。

在这里,FCP 可以理解为战术层面和火力层次的单一合成图(SIP),包括单一合成空情图(SIAP)、单一合成陆情图(SIGP)、单一合成海情图(SISP)、单一合成地下和水下图(SIUP)、单一合成太空图(SISpP),以及单一合成情报图(SIIP)等系列综合态势图。

<sup>③①</sup> 何佳洲. 战场态势图互操作性及其关键技术分析[J]. 指挥控制与仿真, 2010 (1): 1-7.

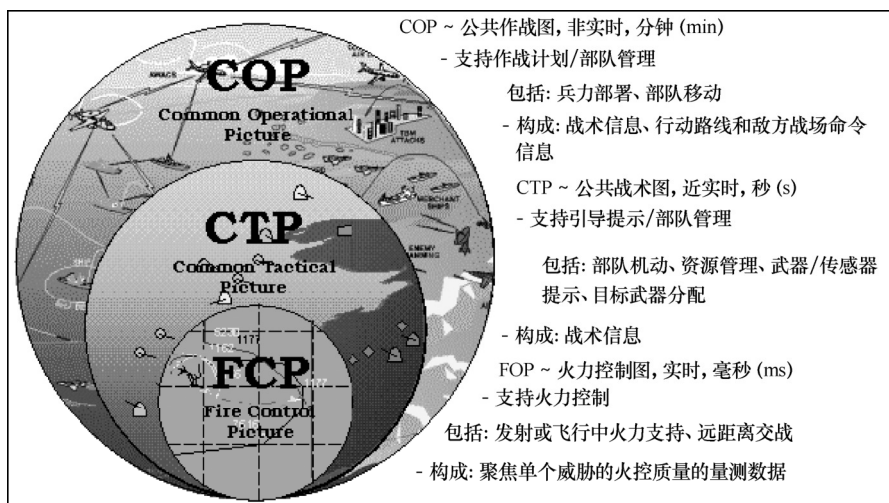


图 3.10 不同层次的战场态势图

对于不同的战略、战术和火控要求, 以及对于不同的决策者和执行器来说, 所需要的信息及信息的详细程度、清晰度和刷新率是不同的。联合图像/数据处理系统在节点时空一致、用户定义视图 (UDOP) 的前提下, 基于不同层次和同一层次不同人员、平台和系统的信息需求, 以信息传输网络为纽带, 各处分布的本地信息处理节点按照统一的技术标准、法规制度、安全措施, 按需对陆、海、空、天、电、心理的情报、信息和图像进行多元融合处理。该系统由数据库、分布式图像/数据处理节点及相应的图像/数据融合管理中心组成。面向服务的网络体系结构可保证各信息处理节点间的关系扁平、随意组合、灵活编成、高效传输、冗余连接、抗毁性强。联合图像/数据处理系统能够接收、融合、利用、存储和分发来自多种不同的战略和战术传感器 (包括数据链) 的雷达、电子对抗、技侦、气象等情报图像信息, 以及基于图像的侦察报告, 为舰载战斗机、弹道导弹武器系统、舰炮武器系统、无人机、潜艇、海军火力支援和远程精确打击提供和增强目标识别、跟踪和定位能力。联合作战指挥和不同平台上的精确打击武器可依靠系统生成的相应战场态势图进行指挥决策和对目标实施精确打击。系统提供的信息包括如下内容。

① 失控区域和发生冲突区域的海洋环境, 如气象、水文、地质、周围环境、人工建造物、港口、机场、基地等情况。

② 现时海上目标的活动情况, 包括战略目标、战术目标、机动目标、时敏目标、隐身目标、水上小目标、快速机动目标, 以及其他特殊目标; 在实施海上行动

时,可实时掌握海战场态势及其变化;大数据使得战场单向透明。

③ 敌方人员、装备、系统状态、参数及活动情况,通过大数据可以分析得到敌方信息系统和电子对抗系统的相关参数。

④ 敌方作战模式和作战网络情况,敌方作战网络的重要节点及其活动规律。

⑤ 敌我信息战、空间战、网络战、电子对抗等重要信息和关键参数。

⑥ 查找并发现、识别、跟踪重要特定目标,包括战略目标、战术目标、机动目标、时敏目标和隐身目标。

⑦ 通过大数据分析、模拟,细分战场,创新作战模式。

等等。

### 3. 态势评估与威胁判断

战场态势是一个全局和整体性的概念,即“有关兵力兵器部署和运动所构成的形态和阵势”。对于海上联合作战而言,战场态势是敌我友各方投入的兵力编成、兵力兵器分布等情况及其在战场环境中的行动与相互作用的综合,反映了敌我双方的战略战术思想、意图,气象、水文、地理等情况,以及影响作战的其他诸因素(如外交、装备性能等因素)对军事行动的影响。态势评估和威胁判断既是作战指挥和决策的依据,也是作战指挥和决策的归宿。它通常是在作战指挥控制系统完成对战场目标的状态融合和属性识别之后,在认知域和社会域中进行的一个复杂的高层次动态综合过程。其衡量指标是对当前态势的认知及推断与真实态势一致的程度。可见,战场态势是由交战各方为实现其作战目的和意图所进行的兵力部署和作战行动形成的。其内在形成的因素与作战任务、作战意图等相联系。

相应的,态势评估就是在一定环境条件下,对当前环境内实体的感知、对特定环境中要素的理解和这些实体要素相对目前所考虑问题的意义和作用的分析,并在一个有意义的较长时间内动态地把握态势整体行为演变的趋向,力图发现对手的动机是什么,意图是什么,即综合敌我友各方力量的部署、作战能力与可能,地形、地理、气象、水文等环境因素,参照已有的敌我友信息,分析和确定引起观测事件发生的深层次原因——“正在发生什么?对方想干什么?为什么要这么干?后果会怎么样”,并将表面观测到的敌我力量分布、活动情况和趋势与战场环境、敌战略战术意图、待机力量和打击能力及其机动性能有机联系起来,对战术画面进行解释,得到敌兵力结构、使用方式、特点和战场形势的估计,辨别敌作战目标和作战计划的动态过程。态势评估的主要内容有:



- 明确敌我作战目标，分辨不同的作战样式；
- 目标聚并——建立目标之间的相互关系，包括时间关系、空间关系、通信连接和功能依赖关系，形成对态势实体的属性判断，如态势实体的类型、编成、位置等，将目标按一定的规则（相关类型、共同作战任务、相同或相似航迹）并基于协同效应将兵力划分成具有相对独立性的战术编队或群，如空中突击群、海上打击群、两栖登陆群、网电攻击群、支援保障群等；
- 事件/行动聚类——建立各作战实体在时间轴和使命任务上的相互关系，从而识别出有意义的事件，形成对态势实体行动的判别及相关实体之间行动的联系；
- 相关关系解释/融合——综合分析战场态势相关的因素，包括天气、地形、海况或水下环境、敌方政策和社会政治经济等因素，并进行解释；
- 多视图评估——从敌我友多角度、多方面分析数据，分析环境、策略等因素对作战结果的影响。

可以看出，这是一个由此及彼、由表及里的过程。

在态势评估的基础上，威胁判断把能力估计和意图估计有机结合起来，利用态势估计产生的多层视图，进一步估计作战事件出现的程度或严重性，分析和判断敌方目标和可能的行动对我方的危害程度，可分为危险、强、中、弱四个等级。

### 4. 海上作战指挥与决策

海上作战指挥与决策，即在海上作战中围绕作战使命和任务，协调并管理各种作战实体和资源在物质、运动、时间、空间、效能中的关系；基于效果，把握战场态势，达成作战目的，包括目标识别、战场态势评估和威胁判断、组织协同，并在作战效果评估的基础上优化配置作战资源，提升战斗力。所有这些信息流在战场上的有序流动，无一不是围绕作战使命、完成战斗任务这一根本目的的。从数据到决策，其大数据包括优势情报、机会情报和新（发现）情报、攻防对抗情报-决策情报。相应的作战组织和运筹的任务主要有两个：一是根据目标、环境、使命任务和资源分布对作战资源进行组织和协调，如进行武器的分配、兵力和传感器的调度，在作战效果评估的基础上对作战系统进行控制；二是对战场态势的把握和运筹，包括环境分析、态势评估、目标威胁能力分析与威胁判断、作战协同并以作战效果作为进一步行动的依据。海上作战指挥与决策的内容如下。

- ① 海上航渡、海上兵力集结、展开、机动、搜索、规避。
- ② 海上警戒。

- ③ 海上拦截。
- ④ 海上攻击。
- ⑤ 海上保障与救援。

## 5. 行动效果评估

基于物理观察和后续效应，评估作战效果。

### 3.3.2 以数据为中心的海上大数据作战指挥活动内容

大数据指挥与控制的本质是客观知识世界的大数据经由主观精神世界指导客观物质世界的一种组织和管理。相应的，海上大数据作战指挥即是应用相关的大数据完成海上行动使命任务的组织管理活动。相对于机械化时代以各级指挥官为决策主体的指挥与控制和信息化时代基于信息系统的指挥与控制，大数据作战指挥是以数据为中心的，客观知识是作战指挥与控制的主体，是决定战场优势和行动优势的核心要素。其活动围绕海上行动的最高使命任务，包括使命确立，资源、环境、能力组织，目标确定，作战云构建，任务分配，效果评估等，进行情报与海上大数据收集获取、大数据预测与决策、大数据推演评估、人工计划、协调与组织管理等活动。

#### 1. 情报与海上大数据收集获取

大数据指挥与控制的基础和核心是大数据。为了全面、快速地预测和感知地区形势和海洋态势，加上海上行动的多样使命任务性，海上行动指挥与控制需要各种情报、信息和数据，包括人工情报和社会网络情报。譬如为了维持对地区海洋形势的实时感知，海上行动不仅需要舰船、观通站等传感器数据，还需要电视新闻、互联网等社会网络情报。而现代网络时代的变化也促进了海洋行动对不同形式的、非局域力量的协作与知识共享的需要。

情报与海上大数据收集获取活动分为海上技术情报大数据收集获取和人工情报大数据收集获取两种，包括海上多源传感器感知、网络获取和人工情报。其处理过程是一个包含海、陆、空、天、电所有空间和领域的大数据情报收集、处理、显示、存储等的系统过程。随着信息网络技术的发展，一些海洋大国开始或已经在海洋情报大数据收集获取上依托过去的知识、已有的各种数据中心、情报中心、大数据库及无所不在的社会情报网络（如近年来兴起的物联网）逐渐建立起技术和人工有机统一的包括大数据情报收集、处理、显示、存储等在内的整个活动体系。



由于海洋行动的复杂性和效率，情报与海上大数据收集获取活动通常是有选择、有重点的，包括重点海区、重要方面、关键信息，涉及大数据情报收集的范围、时限、重点内容等。

### 2. 大数据预测与决策

大数据预测与决策是海上大数据作战指挥的核心活动。预测是决策的前提，决策是预测的结果，预测和决策相互交织，共同指导客观物质世界的行动。大数据预测和决策是一种复杂的、综合的、连续的认知和判断活动，特别是对于作战行动而言，是一种对抗和博弈，预则立。在海洋行动中，大数据依托统计性的搜索、比较、聚类、相关分析和高层信息融合，形成对“战场时间、空间、行动效果”的多维理解，进而形成一种对未来趋势的判断，指导己方的行动。大数据预测与决策内容如下。

① 提取隐含的、先前未知的具有现实价值或潜在价值的信息和知识，及时从海量数据中发现新知识和相关性。

② 具体分析地区形势和海上态势。

③ 实时分析相关环境（包括地理、气象、水文环境和人文环境），判断正在发生的情况，判断敌人的意图。

④ 获得预见性战场空间感知，进行态势评估和威胁判断，准确预测事态发展变化趋势。

⑤ 确定行动目的和效果。

⑥ 选择或制订行动计划和方案。

⑦ 制定策略。

### 3. 大数据推演评估

客观知识世界的大数据推演和客观物质世界的物理行动是平行的、交互的、一致相关的。大数据指挥与控制不同于机械化指挥与控制 and 基于信息系统的指挥与控制的一个突出特点是虚实并行。大数据推演评估是海上大数据指挥与控制的显著特征。在客观知识世界，通过大数据模拟、推演和评估，指导客观物质世界的现实行动，通过客观物质世界的现实行动获取真实的结果和实时大数据。大数据推演评估包括如下内容。

① 在线实时嵌入式/平行仿真推演。

② 非在线预先模拟评估和事后总结复盘。



#### 4. 人工计划

使命任务是指挥与控制的原始动力。完成使命任务是大数据指挥与控制的最终目标所在,作战指挥实际就是完成使命任务的各种规划、计划和围绕目标的对抗活动。人工计划是海上大数据作战指挥体现完成人类组织使命任务的重要内容和环节。

所谓计划,就是在大数据预测和决策下,为完成任务、达成使命,以主观精神世界的人为主导,根据客观物质世界环境和条件,进行规划、制定方案、谋划方法的活动,是客观知识世界的知识、客观物质世界的环境和主观精神世界人的追求共同作用的产物。其主体是客观世界的知识。

人工计划活动突出了在大数据作战指挥中,主观精神世界中人的思维、情感、价值取向等在大数据作战指挥活动的作用和地位。这是由人类社会指挥与控制最终目的所决定的,也是所有时代人类指挥与控制共同的地方,贯穿于大数据指挥与控制的始终。

#### 5. 协调与组织管理

大数据作战指挥活动还包括协调和组织管理活动。一方面,协调和组织管理是作战指挥活动自然扩展的功能;另一方面,协调和组织管理也是大数据作战指挥活动提高效率和活动效能的必然要求。大数据协调和组织管理活动包括组织协同(含构建作战指挥系统)、行动协调和资源管理等。

### 3.3.3 扁平化大数据指挥控制机构

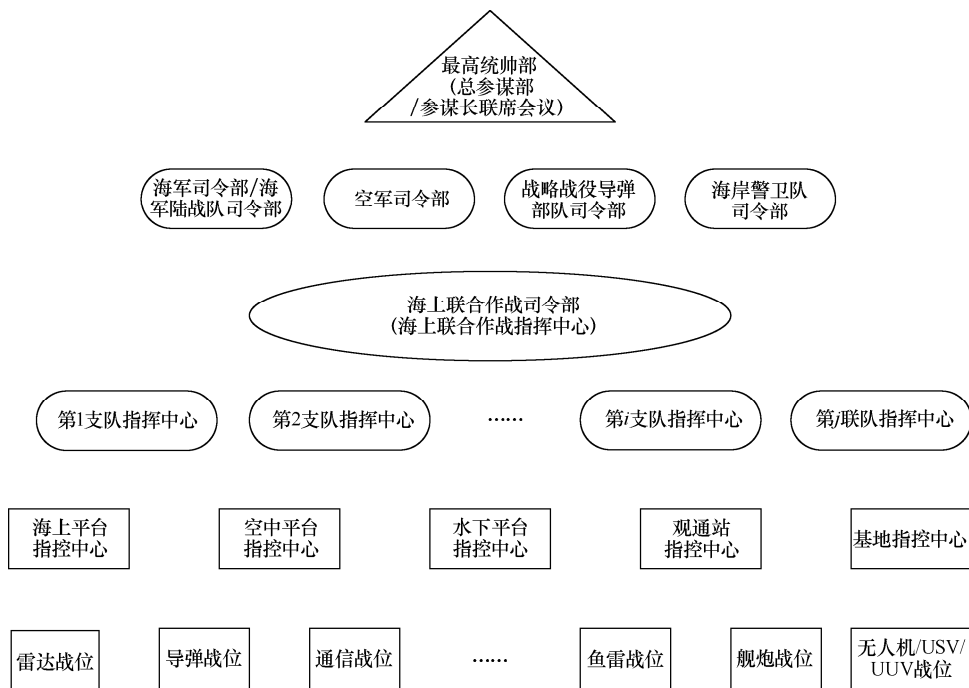
指挥控制机构是指指挥控制的组织机构,反映了一定时代指挥与控制的体制机制。工业化时代,指挥控制以等级组织结构组织各种行动;信息化时代,指挥控制应用各种网络并以网络为中心自由地开展各种社会活动和行动,指挥控制机构趋于扁平化;大数据时代,全源信息跨域协同深化了网络中心战理论,指挥控制由多维数据融合驱动,组织指挥体制、指挥控制机构、作战模式进一步变化,指挥与控制更加敏捷、高效。

#### 1. 以大数据为中心的指挥体制

指挥体制是指指挥行动所采用或建立的组织体系和相应制度,包括组织机构设置、职能划分和指挥关系等。指挥体制有垂直树状的等级指挥体制、扁平分布的

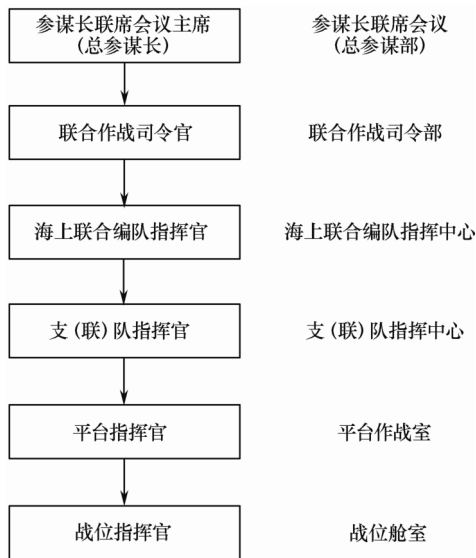


边缘指挥体制，以及各种衍生混合的指挥体制等，具体采用或建立何种指挥体制取决于历史传统、文化、现实环境和技术发展水平。为保证指挥集中统一、政令畅通，同时规避混乱，机械化战争时代的指挥与控制 and 基于传统信息系统的指挥与控制大都采用由上而下的树状层次等级结构。相应的指挥体制尽管有不同形式，但大多为垂直树状的集中等级指挥体制。其指挥机构设置按权力大小由高到低划分为多个层级，如图 3.11 (a) 所示，包括最高统帅部（总参谋部/参谋长联席会议）、各军（兵）种司令部、海上联合作战司令部（海上联合作战指挥中心）、海上支（联）队指挥中心、平台指控中心和战位部门。在海上联合行动中，这种由上而下树状的等级层次指挥体制在职级上分为最高指挥官、联合作战司令官、海上联合编队指挥官、支（联）队指挥官、平台指挥官、战位指挥官及相配套的制度，见图 3.11 (b)。上级指挥或授权下级，下级绝对服从上级。越是上级，权限越大；越是下级，权限越小；下级获取的信息沿着组织的结构逐级上报，上级的指令由上而下逐层下达。其中指挥关系包括固定的隶属关系、相对固定的配属关系和临时的支援关系与协作关系。



(a) 基于传统信息系统的海上联合作战树状层次指挥机构

图 3.11 基于传统信息系统的海上联合作战



(b) 基于传统信息系统的海上联合作战职能等级划分

图 3.11 基于传统信息系统的海上联合作战 (续)

相对于这种等级层次组织指挥体制，大数据指挥与控制以数据为中心，将所有战略、战役和战术运算转入并集中于各种云端，全源信息高度融合，而不再仅仅依靠本地资源，其能力按许可向所有用户开放。这是一种新型的集中指挥、分布控制和分散执行的作战体制。相应的作战云 (Combat Cloud) 是大数据时代最新的作战组织形态。所谓作战云是基于跨界、跨空间网络化协同作战的目标进行的相关作战资源、能力和环境的一种虚拟组合。<sup>③①</sup> 它以虚拟化的形式存在于作战空间。在网络化作战环境下，作战云具有广域、跨界、分布、动态、连通等特点。作战云在不同的环境中具有不同的形态，根据不同的任务有不同的组合和规模。相应的配套设置包括数据中心、大数据决策与分析中心、情报中心，以及云计算设施和 IT 基础设施。大数据指挥与控制体制职能编制有联合行动计划官、联合行动协调官/平台执行官、分别基于数据中心和平台的首席信息官与信息官、通信官及相应的 IT 技术官。行使职能时，由联合行动计划官发布政策、策略和计划，提出联合行动的使命任务，其常驻于中心节点；联合行动协调官负责联合行动使命任务的执行，同时在 C<sup>4</sup>I 作战运行计划过程中还负责大数据云计算设施的运行，协同联合行动计划官一

<sup>③①</sup> 作战云是 2014 年 10 月美国空军作战司令部 Mike Hostage 将军在一次讨论如何应用 F-22 作战时提出来的一个概念。其核心理念是融合。



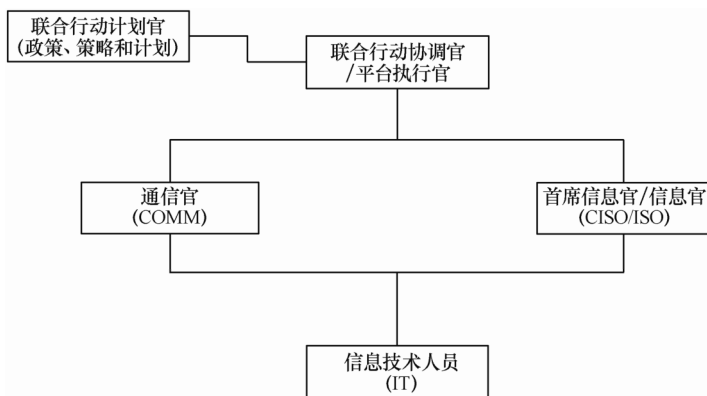
起行使最高职能；分别基于数据中心和平台的首席信息官/信息官伙同通信官代表联合行动协调官共同实施大数据预测、大数据决策、大数据监视与评估等大数据指挥与控制战略，进行大数据联合作战、战场管理、精确火力控制，以及海上应急救援等行动。IT 技术官负责具体技术的实施与维护。

由此可见，大数据指挥与控制研究聚焦于扩展、增强和提升现有数据处理框架能力，将作战、指挥控制、侦察、监视、后勤等所有大数据分析都集中于云端。它通过全源信息融合协同提升作战效能，进行作战识别、预警指示、确定敌人意图/位置，以及增强战略战役网电空间的攻防能力，其指挥控制结构本质上是边缘化的。其指挥体制是以数据为中心的扁平化、开放、可伸缩的指挥体制。在这种体制下，资源共用、信息共享，知识智能驱动，困扰传统树状指挥控制结构的部署、冗余、扩展性和灵活性等问题都变得简单了。

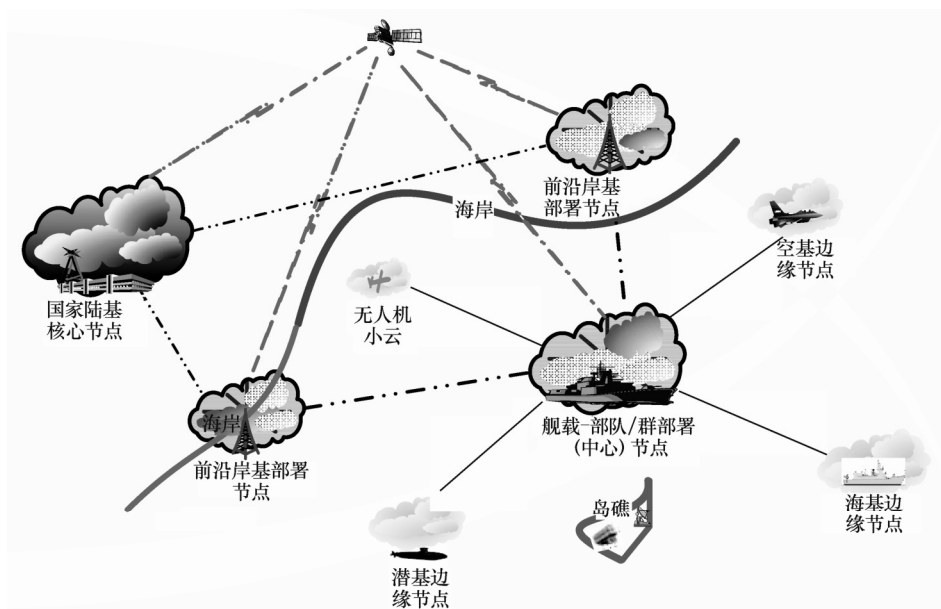
以数据为中心的扁平化大数据指挥与控制体制结构如图 3.12 (a) 所示。

在具体的海上联合行动中，以企业级国家陆基核心节点、前沿岸基部署节点构成国家级海上联合行动战略云设施，以舰载-部队/群部署(中心)节点，海、陆、空、天各平台边缘节点构成各类海上联合行动战役战术云设施。如图 3.12 (b) 所示，不同类型的云设施通过天基路由卫星、固定翼有人或无人机、飞艇、微波接入全球互联技术(WiMAX)等通信链路相互连接，构成各种海上编队战役战术云。其中，承担不同任务的作战平台扮演“云”来“云”去的角色。编队战役战术云之间、编队战役战术云和岸基部署云之间通过卫星互连。在无连接、断续连接和有限带宽的环境下，实现陆海、空海和陆空之间数据的互操作和实时/近实时的分析。边缘节点可以创建、阅读、更新和删除某些基本数据，如用户账户和记录、电子邮件、PPT 演示文件，以及各平台日常运行过程中所遇到的其他特有数据；创建的数据存储在相应边缘节点的数据中心。中心节点根据请求可将数据通过部队/群使用的任何一种通信链路传输到所需要的地方。因为中心节点拥有部队/群最大的数据中心，所以从中心节点、边缘节点接收的数据一般都驻留在中心节点，通常部署于核心平台。在航母编队、两栖作战编队、护航编队等编队中，通常在航母、两栖指挥舰等核心舰艇上以部署节点的规模部署中心节点，提供整个编队行动战役战术级的云服务，编队内的其他平台则形成各自的边缘云节点。边缘云节点可进行相对简单的运算和一定的数据存储运算，具备离线运算和降功能作战能力。但计算密集和数据密集的分析，通常需上传至编队云中心完成，如果编队云中心完成不了，则回传

至岸基或陆基部署云节点。



(a) 以数据为中心的扁平化大数据指挥与控制体制结构



(b) 聚焦于云端的海上大数据指挥与控制关系示意图

图 3.12 大数据指挥与控制

## 2. 云控制机构

在大数据作战指挥中，需要围绕具体行动的使命任务，实时反映和体现具体行动的政策、策略和计划，形成和控制云端，保障大数据来源和安全，抗击各种侵入、干扰和破坏，纠正偏差。云控制即在大数据指挥过程中实施的基于云计算的网



络控制。云控制范围广泛，涉及多方面内容，具有不同层级，需要有效的管理和协调机构。

### 1) 云端的组织与调控机构

云端的组织与调控机构负责在作战网（移动互联网）和云计算技术基础上融合聚集相关作战力量和资源，形成具有特定功能的云端，使单一作战单元向云端作战云转化。在云际交互和云作战时，它根据任务需要和环境变化，实时调控作战云的组成、规模和形态，准确反映和体现行动的政策、策略和计划。

### 2) 数据保障与支援机构

数据保障既是实施大数据指挥与控制的前提和基础，也是进行云战略的要求。数据保障与支援机构负责保障数据来源、数量、种类、质量，数据存储、数据恢复和数据可用/可信性。其具体机构包括数据中心、情报中心和网络中心。

### 3) 数据通信控制与信息安全机构

数据通信控制就是在无连接、断续连接和低带宽的环境下，如在海上恶劣气象环境下、前沿强电磁干扰情况下，网络连接、通信质量、通信速率等受到严重影响时，通过监测和网络控制选择最有效的方式和路由策略，保证区域内大数据云间的及时连通性、服务器故障的有效转移和各种应用的访问，确保大数据指挥的通畅。

信息安全直接关系大数据指挥与控制的有效性和成败，包括数据安全和网络设施安全两部分。数据安全指云端的应用程序和数据安全，网络设施安全指网络和服务的可用性。相应的信息安全机构是安全中心，负责包括身份认证、访问控制、异常检测、补丁管理、数据备份和系统恢复、不同密级数据和应用的隔离等。

## 3.4 面向服务的大数据处理方式及服务机制

大数据是海上行动宝贵的资源，具有多层次和多方面的价值。但是不同的行动和不同的层次和方面需要不同的信息、知识和数据，需要不同的处理。需要在正确的时间、正确的地点，以正确的方式将正确的信息、知识和数据提供给正确的用户。

### 3.4.1 海上大数据的应用处理方式

人类的海洋活动和海上行动涉及政治、经济、军事、外交和社会的各个方面，

跨越战略、战役和战术的多个层次，需要各种数据、信息和指令。由于任务多样性和作战行动的博弈性，无论是对单个实体还是对云端的应用来说，目标、环境、任务随时都可能在变化，信息数据需要动态地满足各个用户、目标和任务的需求。对于新型的云作战，核心是跨界协同、深度融合。大数据的根本意义就在于提供并发掘数据内部具有发现性、机会性和指导性价值的模式或知识，可用于发现、印证、跟踪、综合、预测、决策和评估。其应用处理方式包括处理方法、信息处理架构和信息处理流程。

## 1. 处理方法

### 1) 智能信息融合

海上大数据来源广、格式多、数据量巨大，并且内容多、信息复杂。智能信息融合（IIF）就是在有限的时间、空间和资源约束下，在作战体系层面根据各类情报、信息和数据，依据不同用户、目标、环境和任务变化，智能地调配资源，动态地选择和优化融合过程、方式和手段，有针对性地获取并处理大数据，用于指导信息融合过程中各层次信息的抽取，及时按需满足用户的各种信息和知识需求。智能信息融合起源于多传感器互联。实际上，智能信息融合是一个非常泛化的概念，发生并属于广域的客观知识世界。

如图 3.13 所示，海上大数据智能信息融合处理分为战略/高层信息融合、战役/中层信息融合和战术/低层信息融合，处理内容包括传感器大数据、人工情报大数据、媒体舆情大数据和专家知识大数据，分析社会政治、经济、文化、外交信息，人员活动信息，重要平台活动信息，装备设备兵器状态与运行信息，通信指挥信息，以及各类控制信息。大数据智能信息融合按需生成战略信息和战略背景信息、战役信息和战场态势信息，以及战术技术信息；大数据智能信息融合对未来世界发展形势进行预测，提供战场感知、战场预警和指挥决策。

智能信息融合以具体需求和应用为导向，包括需求感知、应用目标理解、信息融合资源调配、融合方式和手段自适应选择，主要技术包括信息关联技术、信息分类技术、数据挖掘技术、综合推理技术、模式识别技术等各种智能信息融合技术。

### 2) 知识发现

知识发现（KDD），工程上习称为“数据挖掘”，就是从随机的信息数据中寻找所有有用知识的决策支持过程。实践中，一个系统（人）面对的信息和数据既可能是大量的、无序的，又可能是稀少的、残缺的，难以理解和应用，同时又迫切需要



得到关键的信息，特别是信息联系之中蕴含的新知识、新机会，以更好地利用所得的信息和数据，提升应用能力。

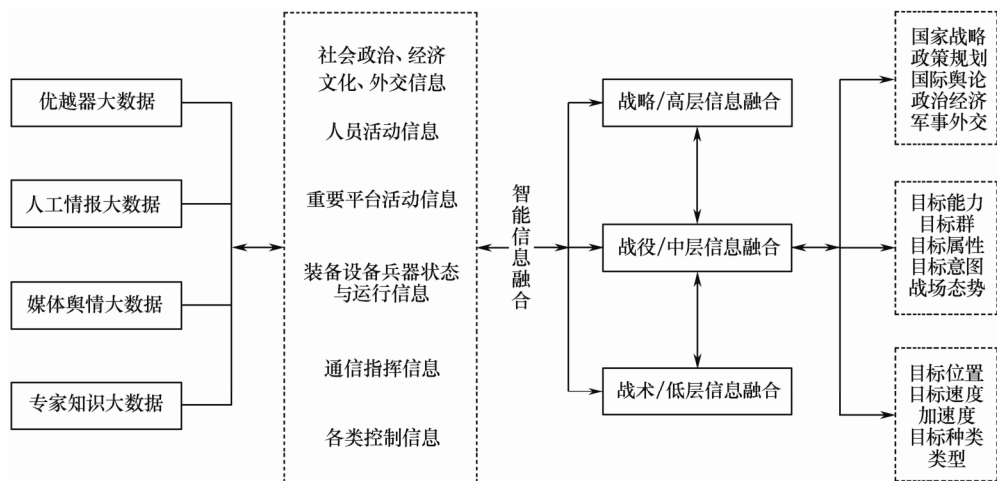


图 3.13 海上大数据智能信息融合处理内容

知识发现的基本目标是发现、预测和描述。发现是从新的角度和联系的方面定性地寻找机会和价值；预测涉及使用大数据中的一些变量或域来预测其他我们所关心变量的未知或未来的值；描述则是找出可由系统（包括人）解释的数据模式。这样，数据挖掘就包括发现性数据挖掘、预测性数据挖掘和描述性数据挖掘三大类。发现和预测是在已有可用数据集的基础上生成新的、非同寻常的信息，描述则是生成已知数据集所描述的系统模型。这些新信息和知识包括：

- 广义型知识——根据数据的微观特性发现其表征的、带有普遍性的较高层次的概念和知识；
- 分类型知识——通过分析同类事物共同性质的特征型知识和不同事物之间的差异型特征知识，以及特定情况下的特殊知识，反映数据的分化汇聚模式或根据对象的属性区分其所属类别；
- 关联型知识——查找一个事件和其他事件之间相互依赖或影响的知识；
- 预测型知识——归纳时间序列数据，由历史和当前数据去分析预测未来的情况，这实际上是一种以时间为关联属性的关联知识；
- 偏差型知识——比较标准类以外的反常数据、数据聚类外的离群值、实际观察值和系统预测值间的显著差别，描述差异和极端特例。



因此,数据挖掘不仅对过去的数据和信息进行查询和遍历,重点是对所获数据进行分析、综合和推断,对目标和系统的行为进行预测,及时发现以前未发现的机会、系统模式和知识,包括概念、规律、模式、特例、约束、可视化等,加深对信息的理解,从而支持信息管理、决策及过程控制。数据挖掘可广泛应用于兵力运用、火力运用、兵力机动和威胁评估等方面。譬如综合战场侦察到的战略和战术情报和数据建立敌人可能的作战模式;根据得到的异常电磁信号,判断敌人可能的军事动向。其基本模型法则是系统识别,即通过观察一个未知系统的输入、输出信息来建立其数学模型。数据挖掘包括输入、输出和处理三部分。输入的是数据,输出的是要发现的知识或模式;处理过程则是各种具体的搜索算法。

知识发现常采用聚类统计分析、规则假设推理等来寻求大量数据与多源信息中隐藏的关系或模式与非显性规律,以挖掘出有价值的情报。这就需要基于数据库运用逻辑的方法、人工智能的方法、数理统计的方法、可视化技术等方法和技术去分析原因、比较异同、分类回归,进行关联和推导。相应的,数据挖掘的主要方法和手段包括分类、回归、比较、聚类、总结概括、关联建模、序列、组合,以及变化和偏差检测等。在这些方法中,第一类是统计学方法;第二类是人工智能(机器学习)方法。在工程实践中,统计学方法强调建立模型,人工智能方法偏重于强调算法。

- 决策树法:通过对信息来源、特征参数进行聚类、归并和比较,发现异同点及相应知识。
- 集合论法:对不同时刻的量测信息数据按目标进行分类,并对属于同一目标的量测信息元按时间顺序排序形成目标的量测信息元序列。搜索时,根据目标的基本性质范围,给定不同时刻所探测目标的量测信息可能的值域;跟踪时,通过滤波方法不断细化目标量测信息的可能值域,续建和外推目标对应的量测信息元序列。

### 3) 统计学方法

- 关联分析:通过统计,若两个或多个数据项的取值重复出现且概率很高时,它们之间可能存在某种关联,可在一定支持度、可信度下建立某种关联规则,找出关联网。
- Bayes 统计:分析事件后验概率和先验概率之间潜在的关系,并找出事件的原因。



- 回归分析：通过输入、输出之间的相关性，评估变量之间的数量关系，导出结果。
- 相关分析：求相关系数来度量有关变量之间的相关程度。
- 差异分析。

### 4) 归纳法

归纳法指在对所获数据分类的基础上进行总结概括，由个别和局部推断总体和全局的规律和知识。

### 5) 综合分析法

综合分析法是指通过比较、因果分析，将有关因素结合起来找出异同点和规律，得出具体原因和知识。它包括：由果索因法，即借助经验和测试结果，从原因入手往上逆溯追查产生事件的原因；假设检验法，即当引起事件的可能原因很多或不明朗时，根据经验或直觉提出假设，进行查找和排除，迅速查找引起事件的原因；不确定推理法；逻辑法。

### 6) 人工神经网络方法

目前应用的人工神经网络有多种类型，不同类型的神经网络有不同的网络拓扑结构及节点特性和学习规则。其中，BP 神经网络（Back Propagation Neural Network）是一种采用误差反向传播学习算法训练的多层前馈网络。它根据所提供的数据，通过学习和训练，找出输入与输出的内在联系，从而求取问题的解，而不是依据问题的经验知识和规则，具有很强的逆推学习、联想和容错能力。

### 7) 遗传算法

略。

### 8) 规则推理方法

规则推理方法是指结合数据库进行假设和推演，根据新信息修改既定的规则，得到新的知识。

### 9) 可视化技术

略。

## 2. 信息处理架构

现代海洋行动需要处理和存储的情报数据呈指数性增长，并且涉及的图形图像

情报、水文气象等各种半结构化和非结构化数据所占的比重日益增加，需要综合运用虚拟化、分布式存储和并行大数据处理等核心技术。其大数据分析处理可分为战略和战术信息处理、实时和非实时信息处理。

海上大数据情报分析处理平台采用三层结构的设计思想，按照“基础服务层、业务处理层、应用接入层”的逻辑模式进行构建，一个典型架构如图 3.14 所示。

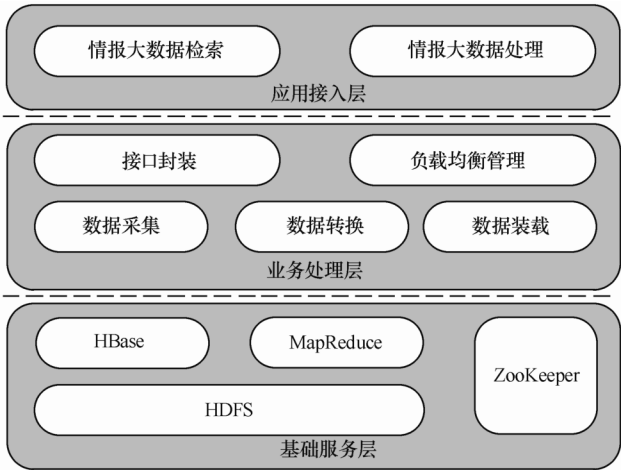


图 3.14 典型海上大数据情报分析处理架构

基础服务层为整个大数据情报分析处理架构提供分布式数据基础服务，包括分布式文件系统（HDFS）、分布式数据库（HBase）、分布式计算模型（MapReduce）和分布式协调器（ZooKeeper）等。海上大数据情报中的非结构化数据如按传统的关系型数据模型来存储、检索，效率会很低，而采用 HBase 存储非结构化数据，充分利用这种非关系型 NoSQL 数据库在数据存取上具有关系型数据库无法比拟的性能优势，可实现数据存储的横向伸缩。对大数据情报的访问请求及相应的分析处理需遵从 MapReduce 模型。MapReduce 是面向大数据分析和处理的并行计算模型，体现了分治算法的“分而治之”思想。基础服务层可依托海军作战数据中心的资源层和虚拟化层构建，可以虚拟化方式部署，用于完成 Hadoop 服务的安装、部署、管理、监控等操作。

业务处理层位于基础服务层之上，包含整个大数据情报处理平台的核心业务处理逻辑，由数据采集、数据转换、数据装载、接口封装、负载均衡管理等部分组成。由于大数据情报处理平台数据源众多，数据结构复杂，所以要求具备一定的数据转换和清洗功能。同时作为大数据中心，大数据情报处理平台要上层应用系统提供数据，需要一个一致友好的接口，支持 JavaAPI、Socket、WebService 等接口方



式，并针对各种应用系统的访问请求，进行负载均衡优化，保证大数据情报处理平台在应对大规模访问冲击时保持良好的性能。

大数据情报处理平台的最上层为应用接入层，提供本平台与外部系统的接口，以便接入外部系统对大数据情报的检索、分析、处理等应用请求，为后续对分布式实时情报价值数据的提取、融合、目标识别等提供数据支撑。

## 3. 信息处理流程

海上联合作战数据应用处理包括获取情报、归集信息、处理信息和应用数据。其具体流程如图 3.15 所示。

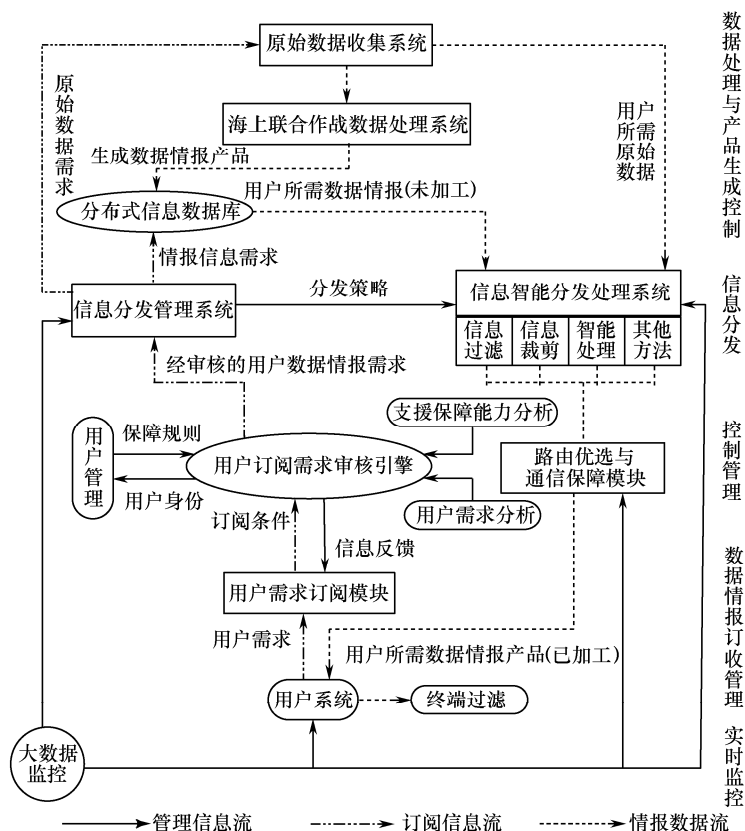


图 3.15 海上联合作战数据应用处理流程

## 3.4.2 服务机制

如何从大量战场信息中筛选出作战人员真正需要的信息，并且在恰当的时间将

这些信息发送给需要它们的作战单元，是将信息优势转化为知识优势，进而转化为决策优势的基础和前提。传统的信息分发方式是由各平台传感器节点收集、预处理、逐级上传至编队指挥中心或联合作战指挥中心的，编队和联合作战指挥中心对所有信息进行综合处理和融合后，再随着作战指令分发给各作战单元，也即信息的收集、处理及分发过程都是依托指挥控制流进行的，如图 3.16 所示。

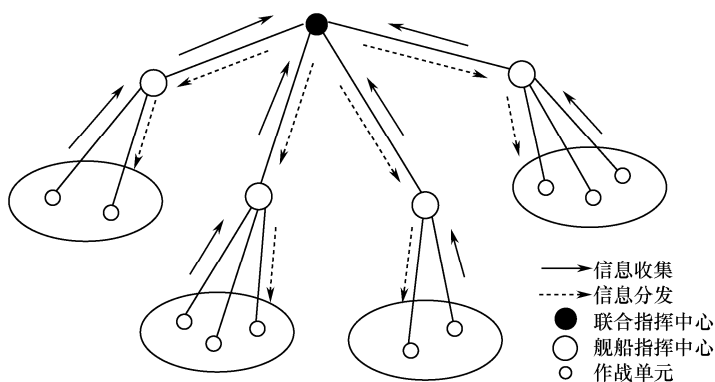


图 3.16 传统信息分发方式

这种信息分发方式是以信息提供者为中心的，信息关系明确，保障过程简单。但这种信息分发方式是在以传统平台为中心的条件下建立的，限于通信系统等方面的原因，它主要采用点对点主动推送式，即信息的供需双方事先约定信息交换协议和格式及预先配置的分发节点，基于既有的信息关系和流程，由信息提供方向信息使用者进行一对一或一对多地分发。这要求在信息分发时各作战单元达到时间与空间的同步，并且按照既定的交换协议与格式进行，灵活性及动态性较差，难以适应未来海战场复杂动态跨空间作战对信息分发和情报保障的要求。

对于编队级网络化体系内各作战单元之间和云端需要共享的态势信息，信息需求可以分三个层次，即用于控制战役作战体系和战术火力单元战备状态的预警信息，战役作战体系用于目标识别、目标分配等的作战指挥信息，战术火力单元用于制导控制的目标和弹炮跟踪信息。美军基于“以数据（知识）为中心”，在网络使能指挥信息系统（NECS）中普遍采用面向数据资源的共享机制，通过元数据对资源的描述和组织，以及元数据技术在网络中心化环境中的应用提高了数据的可见性、可访问性和可理解能力，解决了资源共享机制中的信息发现、获取和理解等难题。



战役编队级网络化作战的三类信息及信息分发过程如图 3.17 所示。

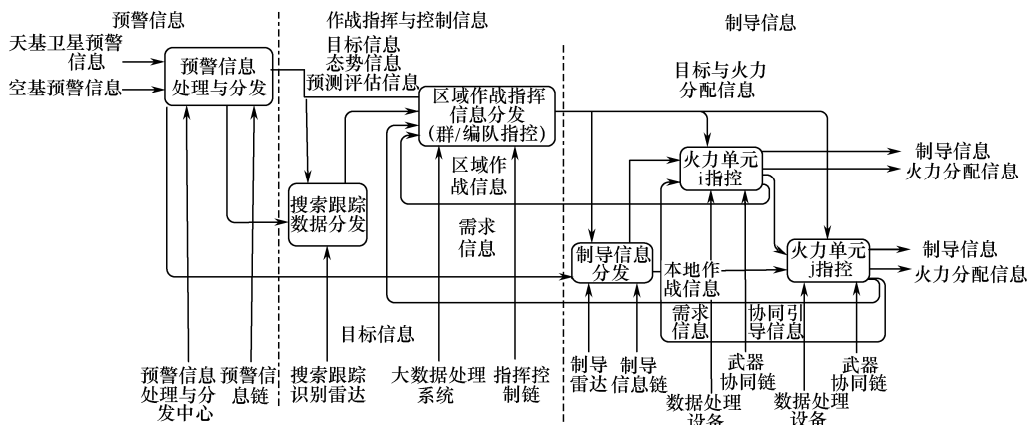


图 3.17 战役编队级网络化作战的三类信息及信息分发过程

由图 3.17 可以看出，制导信息、作战指挥与控制信息、预警信息由下至上在信息实时性及信息精确性方面的要求逐级递减，在信息覆盖广度方面的要求逐级递增。这是从用户需求出发，保证应用最少的情报数据流量满足用户需求的结果。每一级用户只接受与之相关的信息，并且在信息粒度和精度上也予以区分，这样可以避免各级用户被不相关的信息所干扰，提高任务处理效率，从而提升整体作战效果。

可见，信息数据是潜在价值的源泉，然而要实现信息数据的价值，实现信息增值，并不是由信息搜集和处理过程决定的，而是由信息共享的程度和速度决定的。信息只有流动起来并到达所需要的地方，才可能发挥信息应有的作用。作战中需要分发的信息数据包括预警信息、作战指挥信息、控制导引信息，并且这三类信息在实时性、精确度、覆盖广度及分发的频度等方面都有不同的要求，因而需要制定相应的分发机制，满足不同用户的信息需求。

## 1. 智能推送

智能推送的信息分发方式是面向全体作战实体的。其目的是使一个作战群体内的每个成员都拥有关于整个群体的协作态势信息。在海洋行动中，无论是多军兵种联合作战兵力兵器的相互配合，还是应急救援的各方行动，都需要信息数据的准确传递和服务，即需要及时或实时地共享态势信息，并在恰当的时间将适当的相关信息、情报、指控数据传递给正确的人、系统、平台和设备，甚至预先为下一个需求提供所需的信息数据。智能推送就是根据不同用户的信息数据需求以最恰当有效的

方式提供所需信息数据的感知和访问，并根据环境和通信能力（通信带宽）及时、动态地调整信息数据传递的优先等级。智能推送服务按信息数据分发方式的不同分为通播分发、订阅/发布、信息预测。

一是对信息进行分类，按用户需求进行分发。海上联合行动的一个特点是存在大量探测跟踪数据和联合行动指令需要在众多平台、系统之间共享，包括战略信息、战术信息和火控类数据，分为情报类、指控类、保障类和管理类。但用户需要的是特定信息而不是全部信息。传统的信息分发系统由于无法自动地确定哪些信息是用户所需要的，只好对不同级别、粒度的信息不加区分，全部发送出去。二是按不同用户作战需求的轻重缓急及时、动态地分发。譬如对战场态势变化信息需求紧迫，需要在 1 分钟内实时传达；对导弹预警信息更要在 1 秒内发送，而天气、计划、命令一类的情报和信息可视情况稍后发送。三是根据用户状态和带宽情况及时发送。由于存在大量远程数据交战和在不同平台间的接力控制，这些数据信息往往是差异的、无限的，状态变化不均、传输时限要求不一，所依托的主要是复杂电磁环境下的有限带宽通信和数据网络，面向的是处于不断运动中、任务可能随时改变的用户终端。这意味着同样的信息对于不同的用户性质是不一样的。在考虑不同信息报文需求的优先级、用户节点移动性和外界干扰的情况下，必须建立一种具有战术通信、导航定位和目标识别等功能的综合集成系统——智能信息分发系统，针对不同传输链路的可用性和历史效能，智能、动态地调度各条通信链路，按轻重缓急分发相应信息和数据。具体分发规则如下。

### 1) 汇集规则

汇集是将传感器或数据终端采集到的数据发送到指定逻辑节点的过程，目的是为了进一步综合分析和融合，形成态势数据，供数据发布使用。数据或信息汇集的基本要求是既要保证平时的指挥隶属关系，又要兼顾实体间的相互支援和协作关系。

- 隶属优先规则。该原则遵照作战编组的指挥关系，各类行动实体的数据终端应优先将采集到的数据发送到其所属的上级指挥实体，以保证对直接所属实体的实时控制。该类数据主要包括实体的空间位置数据和行动信息，以及实体间的协同信息等数据。
- 汇集节点自治规则。汇集节点自治是指节点能主动探测网络的通信情况，缓存重要数据；能根据通信链路的情况按数据的优先级转发数据，并在上级节



点损坏的情况下自动接替其有关功能，形成对所属下级所有节点的中心节点。在数据分发中，为了满足分布式的指挥与控制对信息的最低需要，通常在某个逻辑指挥节点上设置数据的汇集点，确保在该节点与其他节点之间通信临时中断的情况下对所属实体的独立指挥。汇集节点可分为中心节点和一般节点。前者负责搜集网络中所有其他节点的数据，后者负责搜集所属实体的数据并按照逻辑关系将数据转发到上级数据节点。

### 2) 定制分发规则

定制分发是指按照事先规定的通信链路、信息类型和用户享受的权限，根据信息传送的优先等级，由信息发布节点主动地向某个或某些用户发送。发送的信息主要有上级下达的指令、目标状态、本级和友邻的位置、隶属关系的变更，以及网络配置的变化等信息。

### 3) 订阅分发规则

订阅分发是指用户根据自己的特殊需求，自主地选定所需信息和信息类型，主动向信息发布节点索取，经信息发布节点对用户身份、权限认证后，检索相关的信息并经过处理打包后及时发送给用户，并可接收用户的反馈信息，进一步完善服务。

### 4) 强制分发规则

对于用户必须接受的信息，分发节点在系统的控制下强制性地将用户必须接受的信息发送给用户。这类信息在分发节点具有最高优先级，并自动优先发送，如系统设备数据的清除、网络配置的变更、设备的自毁信息等。

## 2. 自主查询、临时订购

由于现代战场态势具有极大的不确定性，当智能推送不能满足信息用户需求时，许多信息需要依靠查询来掌握。查询按获取方式的不同又可分为自主查询和临时订购。

自主查询是指信息用户运用信息系统相关功能，通过信息搜索引擎、输入关键词，向上级通用（专用）数据库或有关作战实体查询相关信息和数据。为科学高效、规范有序地开展自主查询，应合理设置查询权限，并建立身份验证机制。

临时订购：由于战场形势的急剧变化，可能使上级下达的指挥信息及数据库中的信息都不能满足某一作战方向上作战实体对信息的需求，在上级不能掌握其当前信息需求的情况下，这些作战实体的指挥员及指挥机关应采取临时订购的模式，临





时向信息部门提出信息订购申请。

在自主查询及临时订购信息分发过程中,由于是用户直接向系统提出信息需求的,因而所分发的信息与用户需求具有较高的匹配度。但在海洋行动中随着行动进程的推进,用户对信息的需求也是不断变化的,特别是在战术层次上,这种需求的变化更快,有时系统或作战人员无暇考虑及提交下一步所需的信息,而只能根据已有信息进行决策,因此自主查询、临时订购的信息分发模式目前还只适合处理静态或常态性的需求,对海上突发事件引起的快速变化信息的需求显得有些无能为力。

### 3. 通播分发

在海上编队作战中,战场指令信息流、协同信息流都需要及时地传达给各下属单位和各作战指挥单元。指令信息和协调信息的这些特点,使得它们比较适合采用通播分发这种模式。

### 4. 订阅/发布

由于不同的作战单元所感兴趣和所需要的态势信息不同,所以各作战单元可以根据自己对态势信息的需求,预先制定自己的订阅条件。订阅既可以是围绕某一种类型的目标,也可以是围绕某一片海域,还可以围绕某一个主题内容。

### 5. 信息预测

为更好地给终端用户提供信息服务,智能推送还应分析用户订阅和查询信息的历史记录数据,预测用户未来的信息需求,并且根据所预测的结果在通播分发时主动给用户提供相关信息。

### 6. 终端过滤

海上编队网络化作战信息分发通过匹配规则库将用户需求与数据库中的共享信息进行比对,根据信息的匹配度决定是否推送给相应的用户。为了确保用户所需求的信息数据都能毫无遗漏地分发至客户端,这里的匹配规则建立一般是较宽约束的,这就不可避免地会导致有少量无用信息数据随之发送到用户端,需要用户在终端进行过滤。

在终端过滤的信息分发中,不需要用户向系统提供订阅信息,而是由用户在终端根据实际情况及自己的需要对已发送过来的信息进行筛选和裁剪,保留当前需要的信息进行显示,因而不会降低传输的时效性且能最大限度地与用户需求相匹配。

# 第4章

## 基于大数据的海战场管理与精确火力控制

随着大数据指挥控制观的确立，在战场管理层面和战术层面，海战场管理和精确火力控制将可能采集包括时空定位、资源目录、目标信息、作业排序、设备状态、关键电子参数、移动数据等在内的海量数据。信息、大数据和网络提供的能力与创新性的作战和管理思想相结合将带来战场管理和精确火力控制的革命。本章主要从战役角度介绍基于大数据的海战场管理和精确火力控制问题，讨论基于大数据云计算的火力打击。

### 4.1 作战时空和海战场管理

现代战争是多平台联合作战，需要各个作战单元和实体协同完成任务。时间、空间和作战资源是作战活动的三大要素。如何把握作战时间和空间，科学管理和运筹战场资源关系作战行动的基本面和成败。这就需要深刻理解时间和空间，灵活运用作战时间和作战空间之间的辩证关系，科学管理和运用战场资源，保持时间统一、空间坐标一致和相应的信息一致，保持全局和局部的战场态势一致性。实时海量大数据将为控制作战时间和作战空间、管理战场资源提供全面的信息数据，控制因重要环节故障和战场资源问题带来的恶性事故。实时大数据传输设备将成为战场管理的必需品。

## 4.1.1 作战时空的概念与海战场空间管理

### 1. 作战时空的概念

在物质、运动、时间、空间中,物质总是在一定的时空中运动的。时间、空间是物质运动存在的方式,并与物质的运动变化紧密相连,是物质运动的两个基本属性。在物理学领域,所谓时间是表示两个事件之间或一个事件持续的间隔,或其中的某个时刻,用以刻画物质运动变化的过程,是不可逆的。显然,时间在人类组织生产、生活和社会活动中具有重要意义。时间的建立需要一套标准系统,即时间计量系统。譬如在太阳系定义地球自转一周为1天,地球围绕太阳运转一圈为1年,构成所谓全球天文时系统。20世纪,随着物理学的进展,为了更精准地度量和统一时间,人们将铯-133原子基态的两个超精细能级之间的固有振荡周期的 $9\,192\,631\,770$ 倍时间定义为1s,构成所谓原子钟系统。所谓空间,表示事物存在的场所,在物理世界是一种无限三维延伸,常用各种坐标表示。由于在宏观物理世界,时空参考系是绝对的,因而宏观物理世界的时间又称为绝对时间,空间称为绝对空间。绝对时间和绝对空间统称为绝对时空。它们相互联系,统一于客观物质世界。相对于同一个参考系,各点的时间是一致的,称为时间一致性;不同点的位置坐标是可以统一变换的,称为空间一致性。时空关联和一致性是战场控制论的基础。

在人类作战行动中,各种人员、系统、作战平台和设备总是在一定的时间、空间中活动的。其中,活动的过程统一用作战中的“时间计量系统”度量并标记,即作战时间。作战时间包括两方面的含义:一是作战活动开始的计量起点;二是作战活动经历的时间长度。相比于宏观世界中的绝对时间,作战时间既具有绝对性,又具有相对性,是绝对性和相对性的统一,表现在作战活动计量时间是绝对的,但作战活动计量起始点是人为确定的,具有相对性。譬如选定某个活动发起时作为作战时间计量的起始点,或者选定某个平台的时间作为所有行动的作战时间基准。一旦选定作战时间计量的起始点和基准后,则所有作战实体的活动都需在统一的作战时间内进行并遵循一致的时间标准,此称为作战时间的一致性。作战时间计量的粒度有大有小,常用的计量单位有 $\mu\text{s}$ (微秒)、 $\text{ms}$ (毫秒)、 $\text{s}$ (秒)、 $\text{min}$ (分钟)、 $\text{h}$ (小时)、 $\text{d}$ (天)等。作战时间的概念对于作战系统的有序运行意义重大。其关键在于统一的标准。各个作战实体只有遵循统一的作战时间活动才有意义。作战空间



即战争发生的场所，是参战实体活动的领域。在以地球为参照系的物理世界，作战空间是三维立体的物理空间，通常表现为地球地理空间，即陆地、海洋、空中、太空。同作战时间一致性，作战空间在同一个坐标系中，可以进行坐标变换而保持一致性，此称为作战空间一致性。随着人类认识的深入，现代作战空间的概念已大大扩展，除了物理空间外，还有电磁空间、网络空间和心理空间。它们统一并存于客观物质世界。网络空间和电磁空间有时又被人们称为赛博空间（Cyberspace）。但不管哪种性质的作战空间，都是一种客观存在，对于不同的实体，都是相同和一致的。其中，赛博空间在作战空间中的重要性和价值越来越大。

现代作战时空已经成为作战的基本要素，并统一于作战行动。在海上联合作战中，为实现跨平台、系统、设备的联合与协同，需要统一作战时间，精确度量作战时间和作战空间，实时获知各平台的作战空间及其位置，这就需要解决节点时间对准、空间对准、航迹质量优化、ID 差异消除等战场时空一致性问题，科学运筹、管理和控制作战时空。美军为执行全球行动战略，在作战时空上依托 GPS 系统、惯性导航系统、国家标准技术研究所、海军天文台等建立了国家公共时空基准体系。<sup>③②</sup>该体系由时间基准、空间基准、时间分发和用户基础设施等构成，包括原子钟、数据链通信信道、卫星定位导航信息、长波授时信息、GPS 系统及惯性导航，可提供一个具有长时间准确度的连续时间基准和具有较低相位噪声的准确连续公共基准频率源，并能在恶劣和异常情况下连续输出信号和各种编码格式的时间和频率信息。各个作战单元系统和设备均具有自己的内部时间，再由统一的时间基准时间来对准。作战单元的空间位置坐标可先由某个坐标系下的观测装置定位，再统一到公共基准坐标系中。应用中，首先对入网信息源类型进行分析，确定基准信息源，再通过运用合作/非合作目标平台和传感器偏差估计器模型，动态估计出不同类型平台的偏差和传感器在某个区域的偏差，加上原来的探测信息一同完成传感器数据的注册，进行对准。例如，在 CEC 中，为确保满足武器协同交战时间同步要求，系统在每个节点设置了一个铯原子钟，使得数据分发系统（DDS）能在规定时间内完成微秒级的精确时间同步；空间定位误差由各个作战平台利用自身惯导信息和 GPS 信息，以及与某个基准平台互探测定位误差信息进行控制和消除。

作战时空的应用主体是各种作战系统、平台和设备。

<sup>③②</sup> 何佳洲. 战场态势图互操作性及其关键技术分析[J]. 指挥控制与仿真, 2010 (1): 1-7.

## 2. 大数据海战场空间管理

在某种意义上,指挥与控制是一种管理。现代战争是多平台联合作战,需要各个作战单元和实体协同完成任务。现代海战从近海到中远海,平台、兵力兵器的空间部署能力和空间机动能力大幅提升,展现出从时间协同到空间融合有机统一的态势:远程预警、精确制导、超视距打击、电子干扰……作战样式转换频繁,时空转换节奏大大加快,实现目标的手段和方式多样化,作战行动变得快速而复杂。饱和攻击、远程精确打击成为作战的基本手段。空间是作战的基本要素。作战空间管理就是围绕各个作战实体对空间的使用,协调、组织和运筹作战空间,发挥空间的最大效益和效能。

对于海战场,随着作战要素进入电磁空间、心理空间及网络空间并产生价值,海战场的概念和内涵也发生了深刻的变化——海战场变成了海上作战空间。其内容除了包括相关区域的海面、岛礁、毗邻的陆地之外,还包括无限的太空、电磁空间、心理空间和网络空间。它们相互联系,形成整个战场空间。有关战场空间大数据包括战场空间组成、战场空间范围、作战空间属性,作战空间相参数<sup>③</sup>及其随时间变化的关系,使用作战空间的作战实体数量、类型、属性,作战空间与不同类型探测传感器之间的关系、作战空间与多种平台运动速度之间的关系、作战平台与武器作战半径之间的关系,以及不同区域作战空间之间的相互关系等。在大数据作战空间管理中,控制半径是关键参数之一。所谓控制半径是指作战空间中武器系统最大的作用范围、传感器系统最大的探测范围和作战系统任务范围中的最小值所对应的范围尺度。由于单传感器和单一类型传感器存在不可避免的弱点,所以海上警戒探测已跨越传统舰船平台,传感器也已从单一类型传感器发展到多种类型传感器,从就近探测到主动侦察,如投射无人空中、水上和水下平台对远距离可疑目标区域进行侦察。海上警戒探测网的主要构成有岸基观通站、岸基远程预警雷达系统、空中预警机、侦察机、舰载无人机、水面侦察船、舰载警戒探测系统等。这些平台和系统载有各种地波/天波警戒雷达,侦察、搜索雷达,导航雷达,各种声呐,磁探仪,光电照像与跟踪设备,敌我识别器,以及电子侦察与告警装备等。这些装备和设备通过有线或无线链路,形成一个全方位、大纵深、立体化、可全天候侦察监视

<sup>③</sup> 指作战空间中不同性质的区域之间的关系和比例,如海面空间、水下空间、岛屿空间、岸上空间、空中和太空的比例关系。



的分布式海上警戒探测体系。各平台传感器将探测到的目标信息（如距离、方位、速度，以及频率/振幅属性）和环境信息，不加处理或经过处理，及时、按需地向其他平台传递。在太空和空中，有各类空间预警侦察卫星、空间站、空天飞机、超高空侦察机和临近空间飞行器。这些卫星和临近空间飞行器利用光电红外传感器、无线电侦察与探测设备、合成孔径雷达等设备从太空轨道和临近空间对目标进行电子侦察、成像侦察、轨道监视、导弹预警、海洋监视、地形测绘，收集空间的各种军事情报和信息。与其他方式比较，空间侦察具有侦察范围广阔、速度快，不受或基本不受国界和地理条件的限制，能取得其他侦察手段难以获得的情报。空中主要由各种有人/无人侦察机、侦察直升机和预警机，舰载对空警戒探测系统，岸基对空警戒探测系统等构成，完成对指定区域高空、中空和低空的探测和搜索任务。水下空间预警探测主要是建立反潜监视网络和海洋环境监视网络，主要装备有各类综合声呐、侦察声呐、探测声呐、噪声测距声呐、拖曳阵列声呐、磁感应量测等设备。对于声呐，当采用被动探测方式时，在对目标稳定跟踪后可获得的目标信息主要是方位；采用侦察方式或用侦察声呐还可获得目标方位、载频、脉冲宽度和重复周期等数据；通过噪声测距声呐可获得目标距离和方位等信息。

在物质、运动、时间、空间范畴，作战各方关注的就是战场态势及其变化，己方任务、作战空间属性类型与空间范围和控制半径之间复杂的关系。在作战空间管理中，对抗双方通过综合指挥与控制影响战场态势变化的时空相关因素控制目标战场，使得战场态势有利于我而不利于敌。具体到海、陆、空、天、电、心理及网络空间战场，战场控制就是制海权、制陆权、制空权、制天权、制电磁权的控制，以及心理控制和网络控制，换句话说，就是战场（战场态势）塑造或重新塑造。有利的空间部署和相应的力量因素（兵力兵器）调动可以造成有利的局面，而空间部署和时间运筹可使兵力兵器进一步增强力量；力量因素（兵力兵器）和时间可转化为态势上的优势。因此，要确立全域时空观，把握物质、运动、时间、空间的辩证关系，或以分布空间换时间，如在同一时间段的不同空间展开行动，全纵深同时打击、全谱作战，夺取战场控制权；又如通过机动和平台部署的改变，进行隐蔽定位跟踪打击；或以时间换空间，数据链点对点通信以更快的反应速度、更快的攻击节拍、更灵活的行动压缩时间，以快制慢、以敏制钝。通过联合，改变了单平台需要机动才能定位，需要时间累积才能得到数据分析目标的情况，如海底固定声呐阵列、拖曳阵列声呐，加上通过联网探测跟踪，可提升早期预警能力，缩短识别和定

位时间,扩大对敌有效的打击边界,掌握打击的主动性和灵活性。其中综合了对作战时间的控制、对作战兵力和火力的控制,在整个作战空间形成了综合性的优势。在作战时间上,把握住了作战速度和作战节奏;在战场关系上,控制住了各个关系,才能说控制了战场。因为现代战争往往在多维空间同时或相继进行,多个军兵种、多平台以作战群<sup>③④</sup>的形式,在海、陆、空、天、电、心理及网络等若干空间开辟多个空间战场,因此各个空间战场一般是彼此关联、相互交织、相互掩护的。例如,海战场往往伴随空中战场和电磁空间战场,各种兵力兵器在不同战场空间相互协同、联合作战。在某一空间形成优势,不能称为掌握了战场控制权,只有在多维空间形成整体的优势,才能认为是掌握了战场控制权。其中,卫星数据链和网络在现代战场控制中发挥着巨大作用。毫无疑问,空中乃至太空战场、电磁空间战场的争夺具有决定性的价值。以下基于海战场作战空间,具体说明战场控制、制敌机动的概念及敌我战场控制的态势分布概念。

在海战场,作战兵力(或作战群)通常以编队的组织形式出动,从海上联合其他兵力兵器控制整个战场。这并不排除单个海上作战平台的隐蔽突袭、伏击或游击战,这种情况可以看作一种特殊形式的编队。这里有三个概念:视距边界、打击边界和有效边界。边界是一个逻辑概念,规定了某种“作用”从起作用到不起作用的范围<sup>③⑤</sup>。以边界为限,就存在某种“作用”的输入、输出和反馈。视距边界就是编队预警探测系统所能观察到对方的最远距离;打击边界则是编队火力所能覆盖的最远距离;两者之中的较小者称为有效打击边界,简称有效边界(在视距边界大于打击边界的情况下,有效边界就是打击边界)。根据战场控制的定义,对于我方来说,海战场控制就是我方处于可以有效发现并打击敌方的状态,而敌方处于不能有效发现和/或打击我方的状态。这里的状态分为编队的状态和编队自身的状态。编队的状态通常由三个要素确定:敌我双方编队之间的空间距离、方位和战场海区环境;编队自身的状态指编队编成和队形处于编队内各平台能有效协同,能最大限度地发挥作用或最大限度地隐蔽自身动机和/或位置的状态,通常由队形、协同能力、火力配置情况、传感器配置情况四个要素决定。编队自身的状态是随编队之间的状态变化而动态变化的,如通过队形调整、火力配置、战术机动(不仅仅指空间位置

③④ 通常根据各兵力单元在行动过程中形成的空间状态,以及在任务、行动性质上的相互关系来确定。

③⑤ 海上编队一般就是舰艇编队(含舰载机),不但涉及空中战场、太空战场,还涉及电磁空间,因而除了几何空间控制范围外,还涉及电磁频谱的控制这种逻辑界限。



上的机动,还包括其他形式的某种变动,如电磁佯动)等设法使战场态势有利于我而不利敌。这个过程称为制敌机动。如果把编队作为一个整体,海战场控制就变成编队根据态势评估和威胁判断的结果,如何充分利用海区环境,控制敌我双方编队之间的距离和方向,使我编队处于可以对敌编队实施有效打击的空间位置或处于敌编队不能对我编队实施有效打击的空间位置,保持有利的战场态势或使态势向有利于我方转化。有效打击意指我能打击敌人,同时敌人不能有效防御;反过来就是敌不能打击我或虽能打击我,但不能对我构成有效威胁。实际战斗中,有时可能存在同时满足这两种要求的空间,但大多数情况下,因受制于编队系统和各种保障条件,很难找到一个既能对敌编队实施有效打击,又能避免遭敌编队打击的空间。因此,实际选择就是根据具体情况和使命任务在两者之间进行某种策略性的权衡。

在海上,假设敌我双方的视距边界和打击边界都是全向分布的,以敌编队分布中心为球心,分别以敌方有效边界  $R_m$  和我方有效边界  $R_w$  为半径作出两个同心半球面(图 4-1,注意,水下战场部分没有画出),将海上作战空间  $U$  分成三个区域<sup>③⑥</sup>,即危险区  $D$ 、攻击区  $A$  和远离攻击区  $F$ ,且有

$$U = D \cup A \cup F$$

对应的球面分别称为敌我危险边界和可攻边界。这样,编队位于不同的区域就形成不同的态势。根据我编队对敌编队实施有效打击的主动权拥有状况,可将我方对战场控制的态势分为以下三种情况。

- 态势 1:  $R_w > R_m$ ,  $A \cap D = \Phi$ , 我方攻击区位于危险区之外,此时我方可有效打击敌方、控制战场,而敌方对我方不构成威胁。这种态势是我方握有战场控制的主动权,见图 4.1 (a)。
- 态势 2:  $R_w < R_m$ ,  $A \cap D = A$ , 我方攻击区位于危险区之内,此时敌方可有效打击我方、控制战场,而我方在进入攻击区之前已进入敌方控制的危险区。这种态势是敌方握有战场控制的主动权,见图 4.1 (b)。
- 态势 3:  $R_w = R_m$ ,  $A \cap D = A = D$ , 我方攻击区和危险区重叠,危险边界和可攻边界重叠,此时我方和敌方均没有控制战场。这种态势是我方和敌方均未握有战场控制的主动权,见图 4.1 (c)。

③⑥ 谭安胜,汪德虎,邱延鹏. 驱护舰编队对海攻击态势分析与火力运用[J]. 军事运筹与系统工程, 2004, 18 (2): 66-69.



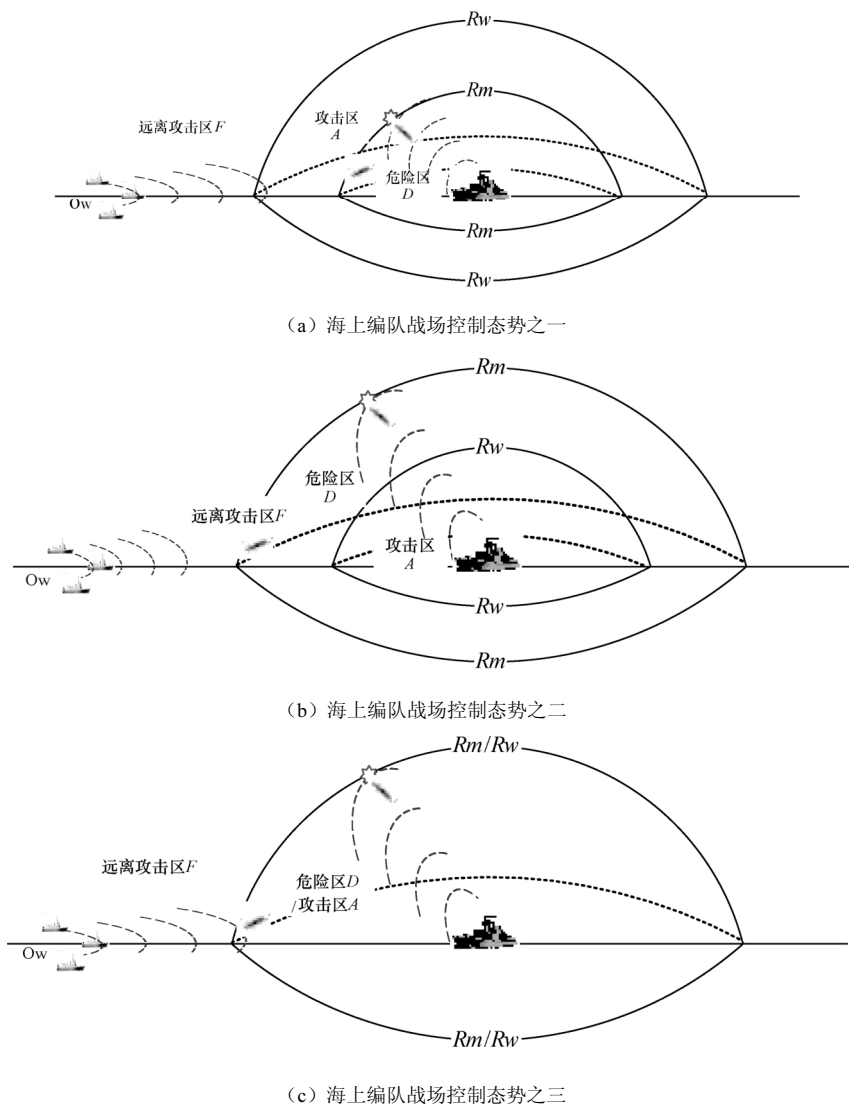


图 4.1 海上编队战场控制态势

与水面战场多目标、多批次、多方向、高速度、大纵深、空、海、陆（潜）立体交战环境相比，水下战场控制的态势相对简单，即使在敌方协同反潜或联合反潜作战环境下，目标总数也相对较少，态势变化和对抗速度相对缓慢。水下作战的主体是各类潜艇。由于海水环境的特殊性（如隐蔽性），相对于水面战场，潜艇不仅开拓了一个全新的水下战场，而且在某种程度上一直掌握着水下战场的控制权。潜艇在水下隐蔽航行时，不易被除水下探测器外的其他探测设备发现，在潜艇具备远



程数据通信系统的情况下,潜艇获得水面、岸上,甚至空中目标的信息,很容易在远距离提前发射鱼雷或导弹对目标进行攻击。水下战场控制有一些特殊性。其特殊性在于潜艇的视距边界一般大于水面舰艇的视距边界。同时,由于通信困难和隐蔽性要求,导致潜艇水下作战的经典方式是单艇隐蔽攻击。

海面以上的太空,即海平面稠密大气层以上的作战空间,是各种临近空间飞行器、洲际弹道导弹、潜射弹道导弹、各种卫星和有人/无人航天飞行器运行或经过的场所,高度从距地 20~30 千米向上一直延伸到宇宙深处。战场控制主要体现为对空间轨道资源、空间信息资源等的控制,即在战时确保己方自由进入空间并占据所需空间轨道,自由实施各种方式和手段对敌空中、海上和地面目标实施侦察、监视、跟踪和打击;自由通信;限制或阻止敌方进入空间并占据有利空间轨道,阻止敌方获取类似的能力。太空战场的控制和制天权密切相关。战场控制的方式包括对敌航天基地和测控网的控制和打击,对太空轨道进行封锁和占位,包括在轨机动和攻击敌航天器和卫星,对空间信息进行封锁。

根据上面的分析,大数据海战场空间管理实际是大数据作战空间管理,涉及从预警探测、战场通信、态势认知共享到指挥控制与精确打击等的各个层面空间组织运筹和控制,包括各环节时空关联、转换和匹配。对于多平台联合作战来说,当联合侦察监视网、指挥控制网和打击网中数量巨大的网络节点对目标侦察监视、跟踪和打击时,由于各传感器的采样频率不同、观察坐标系和量测基准不同,即使对同一目标进行观察,各传感器的量测数据也可能有很大的差异。各平台和系统位置不同、距离不等,信息的分发、空间传输、接收都存在大大小小不同的时间延迟,而且平台和系统大多数在运动中,因此空间管理要求所有平台节点都和公共时空基准体系对准。在公共时空基准体系中,实现整个战场空间控制、时间控制、作战兵力控制和作战火力控制的综合。

海战场控制的基本途径和方法有以下几条。

### 1) 空间战场的控制

- 扩大我视距边界、缩短敌视距边界,压缩敌有效边界。具体方法有:破敌网络,通过保障兵力或协同兵力打击敌预警、引导平台或系统,利用空间变形和电磁遮断,采用隐身技术缩短被发现距离,进行低空突防,等等;对于我方则是充分运用卫星、预警机、无人机等高空和远程预警平台,建立网络,利用超视距气象条件扩大视距边界。

- 袭击敌远程火力打击平台或远程火力引导平台，缩短敌火力边界，从而压缩其有效边界。
- 控制敌频谱，干扰、压制、迷茫、诱骗对方电磁信号。
- 掌握网络空间，引导敌心理空间。

## 2) 时间战场的控制

一体化联合作战十分重视作战速度和作战节奏对作战行动，进而对战场态势控制权的影响。它强调采用快节奏作战，各实体的作战行动与时间相互匹配，各个相关活动可在时间上同时、并行，共享互通的作战视图，自下而上实现同步，在对方“PCSE”环内完成作战行动或打乱对方的“PCSE”环，以速度优势换取空间优势，将对方锁出“PCSE”环之外，夺取战场主动权。

- 提高行动速度。
- 加快作战节奏。

## 3) 战场时空的控制

战场时空的控制指既控制空间，又控制时间，如并行作战在所有相关空间，对敌人赖以作战的系统群同时进行快速决定性打击，达到所期望的效果。美军的“作战响应空间”（ORS）计划发展捕获、摧毁敌方的卫星和次轨道空间飞行器，为美军战场指挥官直接提供战场信息支援能力，并着力建设全球快速反应打击系统就是如此。

## 4) 实体关系的控制

针对不同关系和关系属性，选择与任务相关的目标进行精确打击。例如，敌人防空系统的运行与电力供应系统的正常运行密切相关，摧毁防空系统可选择其电力系统作为打击目标。

- 选择和打击敌指挥控制中心或关键节点，使敌视距边界、火力边界优势相互割裂而无效。
- 干扰或破坏敌导航定位系统，扰乱敌行动和部署的时空一致性和有效性，使敌视距边界、火力边界优势不能发挥作用。
- 打击敌通信网络系统，割裂敌战场的连通性或整体战场的完整性，使敌各个战场的视距边界和火力边界相互分裂，破坏其战场内的协同性和不同战场的联合。



需要说明的是，上面仅就有形的海战场空间管理和控制进行了分析，没有涉及电磁空间战场、心理空间战场、网络空间战场等无形战场空间的管理和控制。实际上，战场控制是一个全局的概念，不仅包括有形战场空间的管理和控制，还包括无形战场空间的管理和控制。这些战场空间管理和控制是相互影响、相互制约的，构成一个不可分割的多因素相关的整体。

### 4.1.2 海战场资源管理

作战就是对战场资源进行组织和管理的过程，并以系统的形式存在。海上作战通常涉及非常复杂的系统和过程，涉及广泛的战场资源，以及情报、信息和数据。所有这些要有序化，并汇合成为有效果的整体行动才能成为力量。这就要做到“需求实时可知，资源可视掌握”。这就需要围绕作战目标进行战场资源管理，监控作战运行过程；对目标、数据库、支持保障条件等进行动态管理和协调，通过调整信息管理过程用于满足具体的使命驱动。大数据寻找模式、规律和特征知识，可用于态势感知和战场空间管理。相应的知识和信息管理是关键，包括传感器调配、武器分配与协同、后勤保障支持、作战信息管理、数据库管理、文电管理、频谱管理，等等。

海战场资源管理是以知识和资源业务管理为核心的战场综合管理。在体系层面，它是以实时战场管理系统的形式存在的。其功能：一是维持海上行动各个系统、平台、装备的正常运行；二是支撑联合作战，内含作战区域协调、作战区域传感器协调、频谱管理、作战空间协调、作战空间武器装备与人员协调、各平台和云际信息协调、各平台完好性协调和平台指挥、目标管理、过程管理等。常见的战场资源分为自然资源和人工资源，包括各种平台资源（种类、数量、比例）、装备技术资源和后勤保障资源，涉及资源调配、兵力指挥协调、行动规划、网电对抗、目标导引、空地/空海协同等方面。伊拉克战争期间，美军向海湾地区调运各类物资前后共计约 40 000 个集装箱。为方便快捷、精确投递分发和管理资源，美军先后为 40 多个国家的 400 多处物流设施安装射频标签读/写设备和自动化运输信息系统（PTC-AIMS），给集装箱全部加装了数字化电子标签。

可见，战场资源管理实质是大数据管理。管理迷雾实际是数据的迷雾。战场资源管理系统描述各种信息，进行认知和共享理解，在管理中实现价值增值。其过程

包括信息和数据收集、整理并条理化信息和数据,用于战场管理决策;对运行进行管理,对过程进行优化控制。根据不同的管理和决策目标(如指挥控制、引导、后勤补给),这个过程有不同的形式和内容,强调在合适的时间生成具有所需内容和质量的合适信息,满足任务需要。海战场资源管理内容包括以下几方面。

### 1. 传感器和通信装备选调

调配和选用适当类型的传感器和通信装备,适应运行模式和时统,为多个区域的战场监视和指挥控制提供最有价值的信息,满足海上作战使命任务需求;根据作战指挥优先级,为任务覆盖范围内的用户分配传感器和通信装备的使用。

### 2. 武器分配

硬杀伤武器有舰炮、导弹、鱼雷、水雷、深弹、火箭弹、激光炮等;软杀伤武器有电子对抗装备、声波发生器、水炮、炫目激光器等;多用武器有水下战斗蛙人、水面轻小型快艇、小型无人机等。

### 3. 平台分配

诸如各类舰船、直升机、战斗机、运输机、小艇等的分配。

### 4. 统筹后勤

诸如统筹作战平台、作战人员、作战武器、后勤保障装备、通信导航设备等。

为提高自动化程度和智能化管理水平,现代战场资源管理系统大都是基于数据库辅助决策支持的大系统,具有信息和资源分类整理、战场数据实时显示,以及综合分析和演绎等功能。其系统体系结构有分布式和集中式两大类,像“自动作战管理辅助工具集(ABMAs)”就是一种典型的分布式业务战场资源管理系统。其关注信息的种类、来源和属性,评估信息的质量。在多功能标准显控台,可通过多媒体和相应的人机接口对系统运行进行监控。目前的难点是如何对全源信息数据的一致性和完整性进行管理和同步控制,以及一致更新。

## 4.2 “网火”和精确打击控制

由于网络技术的发展,单平台、独立武器系统作战已经为多平台、多武器系统协同和联合作战所代替。战术计算通常指传感器数据的处理,以便为分布的作战人员提供及时的决策所需的态势信息,以及交战期间向不同单元和武器系统精确及时



地分发指令和火力控制数据。在网络环境下,战术云计算主要是指云计算技术在支持本地化的及短期有效信息的访问和处理需求中的应用,具有弹性、敏捷、数据融合、资源共享等优势。现代高技术局部战争实践也表明,通过网络和数据链协同多平台和多武器协同作战,充分利用各种信息数据是提高攻防能力的关键。从初期的“饱和攻击”到俄罗斯的 SS-N-19 导弹所采用的领弹/攻击弹协同攻击技术,再到 21 世纪美军提出的网络化巡飞攻击弹药和协同交战能力(CEC)，“网火”和精确打击控制的概念不断演进。

### 4.2.1 大数据“云”火力控制系统

与单平台相比,在多平台软、硬武器的统一使用中,需要对多平台软、硬武器的战术性能和使用特点,以及软、硬武器之间在使用中的相互影响进行分析,合理分配不同的武器系统打击不同的目标,并使得多种武器系统在打击目标时最佳协同。从互联网网格发展起来的“云”是继大型机集中计算、PC 分散计算之后,以互联网为载体的信息计算、存储和应用模式。在互联网早期,美军提出了“网络中心战”的作战思想。随着“云”时代的到来,在火力控制领域,日本率先提出“云射击”的概念,标志着“云”在火力控制系统的应用开端。本节基于大数据,提出“云”火力控制系统。

#### 1. “网火”的概念

海上行动打击,包括攻击和拦截两个方面,是指具体应用作战火控信息流将物质流及相应的能量流导向目标,实现打击目标作战的企图。这也是海上行动联合火控的最终目标。目标在不同的空域、时域往往以不同的方式出现,如隐现的舰艇、突飞而至的导弹、无形的电磁波,等等。目标的类型和运动状态不同,其威胁性质和大小也各不相同。其战术组合也具有多样性。因此,对于不同的物理空域、时域和频域的目标,需要将同平台 and 不同平台上不同功能、性能和特长的武器链接起来,适当集成构成可相互替代、相互加强或相互补充的,能随时随地随机控制发射的“魔幻”火力,进行联合抗击和协同打击。由于火力控制以网络为纽带通过“云”计算构成变幻的火力网,故又被形象地称为“网火”。由于打击目标的终极目的是实现战场控制,因此“网火”的作用是控制战场,不一定非要摧毁目标。

目前,火力控制已在单平台火力控制、多平台火力控制基础上建立起以网络为

中心,以全源信息融合为基础的基础信息、态势感知、指挥控制和火力打击“四网”为一体的网络火力控制体系。作战指挥信息和火力控制信息在系统分布式体系结构、端到端的连通和互操作的基础上,由于信息共享和目标状态提示功能,能在正确的时间使正确的武器打击正确的目标,在避免遗漏目标的同时也避免了各个武器平台同时对其作用范围内的同一个目标重复打击。通过战场各作战单元的网络化,信息协同将信息优势转变成了作战优势。技术上,需要高动态自组网通信技术、协同感知多元数据融合技术、群体智能决策与协同控制技术,以及快速任务规划与分配等技术。

相应的武器装备包括导弹、舰炮、激光炮、水炮、鱼雷、快艇、无人机,等等。

## 2. 基于大数据的“云”火力控制

### 1) 基于大数据的“云”火力控制流程

火力控制既是联合作战系统的末端,也是联合作战系统的起点。火控意义上,多武器发射控制与导引就是及时接收目标信息流指示,使相应武器系统的“天线”伺服速率指令对目标保持跟踪。武器伺服速率指令使跟踪系统“射弹”与目标在某一时空点重合或将其导引到目标区。对多种同类、不同类平台或跨平台武器的发射控制、导引与协调,火控系统依据跟踪器提供的目标距离、仰角和方位等空间点迹数据给出目标航迹估计:一方面作为产生导引(对己方目标)或截击(对敌方目标)指令所必需的信息;另一方面提供给跟踪器的控制装置以保持对目标的稳定跟踪。

网络化火力控制在专用和通用火控系统的基础上,综合使用多平台探测信息和情报,相互支援、相互补充,构成协同跟踪打击网,完成对所分配的同平台或不同平台、同类型或不同类型的软、硬武器的协同控制,对发射出去的弹药进行控制和导引,同时或依次打击、干扰或诱骗诸批次空中、海上、水下和陆上目标。火力控制按方面作战任务可分为区域防空火力控制、立体反潜火力控制、联合制海火力控制和联合对陆火力控制,包括对空/海/岸导弹发射控制和导引、鱼雷射击控制和导引、舰炮深弹综合控制、软武器发射和控制、舰载机(有人/无人)控制和导引等。

在多维海上空间,美国海军从20世纪70年代开始提出海军舰艇编队区域防空协同作战能力(CEC)的概念,此后进行了多次试验,利用CEC系统进行超视距导引和末端照射,成功实现了标准-2舰空弹在视距外拦截掠海目标。试验表明,借助于海、陆、空不同平台的作战优势和武器的协同控制,扩大了海上编队的探测和打



击范围,可以高效地应对突然的、全方位的饱和攻击。CEC 系统的出现是海上编队防空作战的一次革命,显著提高了编队防空作战能力。从大数据的角度看,其关键环节是各节点形成时空一致的具有火控质量的合成航迹和识别信息,从而在舰艇之间、舰艇与空中、岸基平台之间进行信息通信,共享统一的合成航迹和识别信息。在 CEC 基础上,协同火控系统扬弃其集中式紧耦合体系对各参战节点的巨大控制机制和约束力,经由实时移动网络通信和分布式体系实现对跨平台多种信息资源的综合处理和对多种类型武器的灵活调控,见图 4.2。<sup>③7</sup>

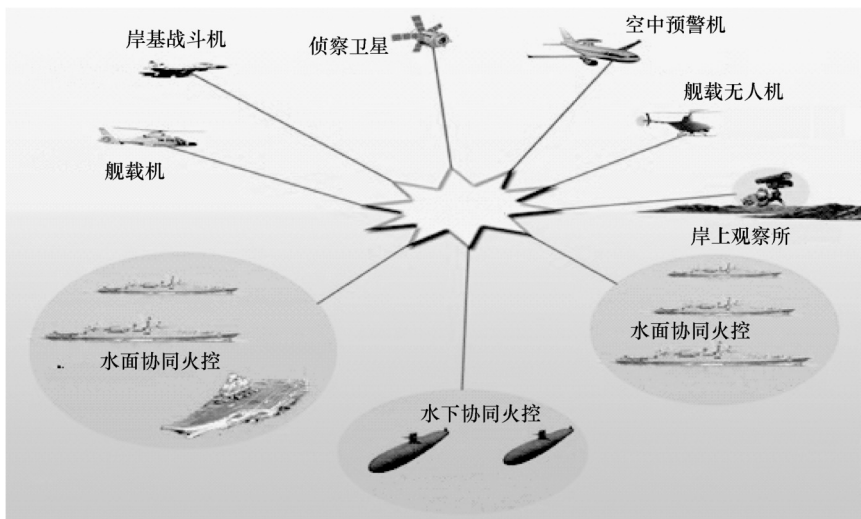


图 4.2 海上跨平台协同火控系统示意图

相应的基于大数据的“云”火力控制流程如图 4.3 所示。

其中,火力控制的关键环节和步骤为武器铰链、目标综合识别、作战通道组织、多武器发射控制与导引。

### (1) 武器铰链

不同的武器装备具有不同的效能和功能,打击不同的目标。这样不同的武器相互衔接,通过火控信息的共享、武器射程的搭配与火力转接,以及共架共用等形式,相互补充或彼此加强。如此不同的武器装备因共同的作战目标或使命任务链接在一起形成一个武器集群,称为武器链。目前常用的武器中,硬武器主要有各类导弹、各型舰炮、深弹、鱼雷、水炮、强光发生器、定向噪声发生器等;软武器则有

<sup>③7</sup> 王海川. 舰艇火控系统的现状与发展设想[J]. 指挥控制与仿真, 2007 (1): 1-6.



各种有源、无源干扰和诱骗装置，如电子干扰器、水声诱饵、箔条弹、气（烟）幕弹等。防御快速来袭的飞机和导弹、致命的鱼雷和形形色色的水雷，打击空中、海面、水下和陆上各种战略战术目标。

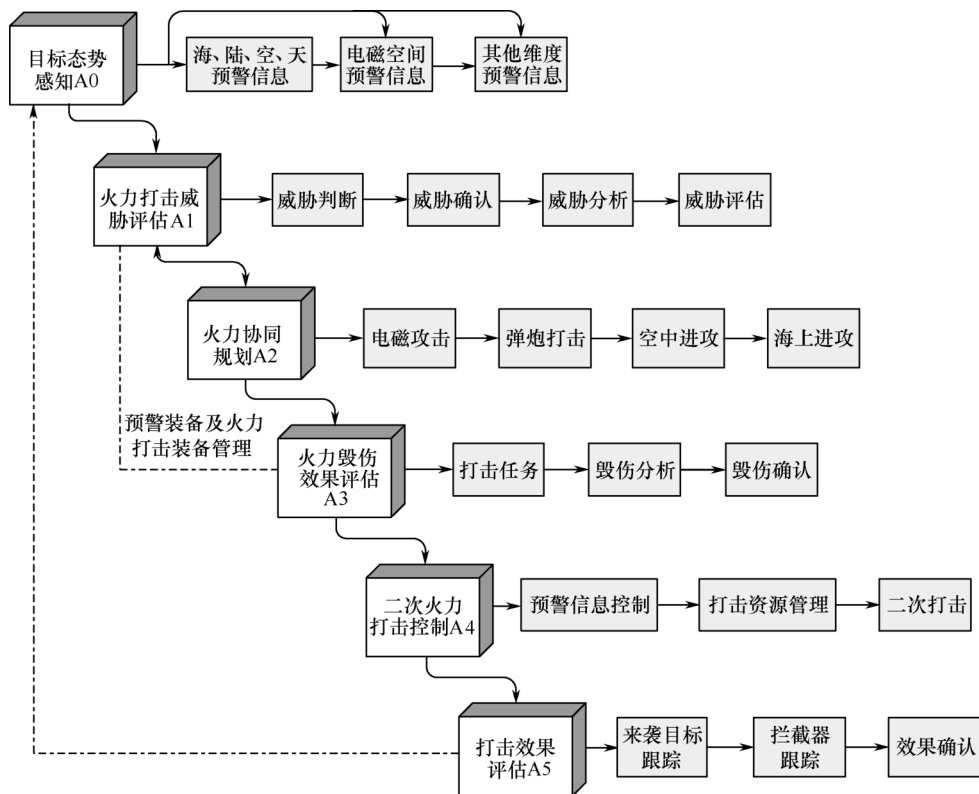


图 4.3 基于大数据的“云”火力控制流程

- 舰炮。舰炮是装备最早、历史最为悠久的舰载弹道式武器，承担着对海、对空作战和对岸支援的重要作用。其种类很多，通常按口径大小可划分为大口径舰炮、中口径舰炮和小口径舰炮三类。舰炮发射出管后按照惯性飞行，中途一般不能变更弹道，靠直接命中或近炸来毁伤目标。由于舰炮的射程大都有限，其反舰角色逐渐淡化，转向担任防空反导的末端防御（以精度、高射速和“未来空域窗”弹幕体制来达成最后一道防线的目的）、对岸火力支援及一些特种作战任务。现在的趋势是发展 30 毫米速射炮、76 毫米中口径舰炮和 130 毫米大口径舰炮三个系列，其他口径的舰炮已逐渐被淘汰。已开发增



程弹和制导炮弹，研发电磁驱动的电磁炮。

- 导弹。导弹是一种随制导等现代技术的发展而产生的远程精确打击兵器，具有远射程、高精度、大威力等优点。目前，导弹已成为海上作战的主力军，其种类繁多，射程从几十千米到上万千米不等。导弹按其弹道性质可分为弹道导弹（BM）和巡航导弹（CM）两大类，可选择水面舰艇、潜艇、飞机、岸基移动或固定平台进行发射，因而有舰载型、机载型、车载型、陆基型之分。对舰载型导弹而言，按使命又可分为舰舰导弹、舰（潜）空导弹、对地攻击巡航导弹和反辐射导弹四种导弹；发射方式有垂直发射、旋转发射和箱式倾斜发射三种。制导模式大致可分为自主式制导、遥控式制导、主动/半主动寻的制导、GPS 定位制导四类。不同类型的导弹制导模式有所不同，但总体是多种制导模式复合使用，以提高精确制导能力和抗干扰能力。其飞行弹道一般分为初始段、中段和末段。在飞行过程中，有的导弹如对陆攻击巡航导弹还可以进行航路规划；有的导弹在末端可有超低空突防、水平机动（包括蛇行机动和比例导引）、跃升俯冲等多种攻击方式。
- 鱼雷。鱼雷是第一次世界大战前后出现、第二次世界大战后发展起来的具有动力装置和制导装置的水中兵器，可从空中、水面和水下发射。随着技术的发展，目前鱼雷已具有较远的航程，能在大深度航行且能在方向和深度两个平面自导，因而成为重要的反潜、反舰和反鱼雷的武器。此外，也可以运用鱼雷来执行其他一些特殊任务，如水中爆破。鱼雷种类较多，按制导模式可分为直航鱼雷、声自导鱼雷、线导鱼雷和尾流自导鱼雷四大类；按投射方式可分为管装发射鱼雷和火箭助飞鱼雷两类。其发射方式分为单射和齐射。不同类型的鱼雷及鱼雷运动的不同阶段，其运动弹道也各不相同。
- 深弹。传统的深弹武器主要用来反潜防雷，其空中弹道和火控解算均类似于舰炮。它具有打击速度快、不受海域限制等优点，但射程较短、落点散布也大。目前，各国正在研究挖掘其潜能、提高其性能使之能应用于更多的领域，包括增大射程、集束分导的母弹等，开发深弹武器系统破障、反水雷，以及水幕反导等多种功能，也可以用来反蛙人。
- 水炮。水炮是一种近距离发射的非致命性武器。它依靠定向发射强大的水柱迫使被攻击一方人员规避或撤离，主要用于非战争性军事行动和反海盗行动。

- 强光发生器。强光发生器主要用于夜晚，主要用于非战争性军事行动和反海盗行动。
- 定向噪声发生器。定向噪声发生器通过发出高频刺耳的噪声作用于目标，对其实施警告、驱离，主要用于非战争性军事行动和反海盗行动。

## （2）目标综合识别

目标识别既是战场态势评估和威胁判断的基础，也是联合作战和精确打击的一个至关重要的前提，特别是在密集目标环境下，获得目标状态信息的同时要进行身份综合识别。目标识别包括敌我识别、目标类间识别、目标类型识别三个方面。目前，目标识别主要是通过技术手段，辅之以战术手段进行，即通过对信号、图像、量测物理量等进行特征分析和模式识别，结合战术手段和已有知识有效判别目标类型和敌我属性。技术手段主要有两种：一是电子侦察（如敌我识别器）；二是采用光电成像及其他手段，获取有关目标特征数据后进行比对。值得一提的是，对于潜艇，由于水下作战环境复杂，其识别能力有限，主要依靠指挥所的通报。也就是说，一方的其他兵力一般不会部署在其潜艇活动的同一海区，以免误判误伤。据此也可以推断，没有敌方兵力活动的地方可能是敌方潜艇活动的地方。这也是潜艇隐蔽攻击模糊推理决策中的一个特点。目标类间识别指判别目标是水上目标、水面目标，还是水下目标。目标类间识别相对容易，容易发生误判的是特征相似的目标，如快艇和超低空飞行的直升机。目标类型识别则是在目标类间识别的基础上进一步判断目标的具体类别，如已判断出目标是敌水面舰艇，需要进一步研判是驱逐舰还是导弹快艇等。相对而言，目标类型识别比较难，需要借助于人的经验、战术背景及相应的敌情通报。

由于作战环境的复杂性，以及欺骗干扰的广泛存在，各种探测目标的信息大都不完整，具有模糊不确定性。这直接影响了系统识别的可靠性和精细程度，因此需要采用多种传感器、多种方法综合的手段。海上联合作战指挥系统通过对信息的收集过程进行监控，完善数据的收集渠道，以在恰当的时间，选择恰当的传感器，对目标实施正确的“服务”，实现及早发现目标、提高航迹质量、提高目标跟踪与识别可靠性及通过累积的证据进行战术推断。进行目标综合识别时，需要对传感器及传感器所在平台等资源进行有效的规划和管理，充分发挥它们的性能，获取所需的情报信息。进行目标跟踪时，可以根据当前目标位置，预测目标的未来位置，随着



敌我相对运动态势的不断改变，控制传感器盯住跟踪中的目标，预测何时哪个传感器将丢失目标。在目标运动特性（目标速度和位置）的基础上，利用多平台多源探测器进行联合探测与识别，依据不同信源得到的目标属性数据形成一个组合的目标身份说明，即把重点放在特征数据的管理上，以确定目标的身份。这种能力需要利用所有相关信息的手段和程序，这些信息包括情报系统、融合中心和公共资源的数据且可在“公用”程序中进行筛选、相关、组合和/或融合；采用信息冗余、资源共享和相应的组合识别规则一步步进行系统识别，综合判断目标的属性，如由警戒探测设备建立的目标航迹所提供的目标速度确定来袭目标可能是导弹，而由电子侦察设备测量的目标活动的电磁特征可以进一步确定来袭导弹的类型和具体型号，即利用多传感器的信息对目标的属性、类型和类别进行综合识别，对目标的性质参数进行融合。

在识别原理上，有专家针对不同目标在结构、材料、辐射原理等方面的特征差异，以及不同目标的征候和特征，基于目标特征数据库，提出了模糊模式识别的方法，如模糊 Bayes 推理、D-S 证据推理、BP 神经网络（前向网+反向传播学习算法）等。不管哪种方法都需要大量样本来构造识别系统或对识别系统进行训练。

### （3）作战通道组织

随着目标和武器数量的增多，可能的多平台多武器目标分配方式呈指数级增长。如果允许武器系统自主决定攻击哪些目标，则可能会出现多个平台的武器系统攻击同一个目标的情况，因而造成作战资源的浪费。同时，由于所有的武器系统都用于攻击那些重要目标，另一些威胁目标却没有被拦截，此外，随着已有目标被摧毁或攻击意图的改变和新目标的出现，战场态势在不断变化，因而已经做出的武器分配也要随之改变。联合作战时，通道组织实际上是跨平台武器和传感器的优化控制问题，涉及跨平台武器和传感器资源的分配与协同、目标指示，以及任务规划，并涉及整个交战过程，因此除分配武器和传感器外，还要考虑总的战场资源利用率，合理分配传感器的跟踪、制导时机，武器发射数量和发射时机等。

这里，问题的中心是“目标-武器”的最佳匹配或有效匹配，使武器分配迎击全部选定目标的失败概率最小，且所用武器资源最少。在算法上，这是一个多参数、多约束的 NP 问题（非确定性问题）。有多种不同的解算方法，如神经网络法、遗传算法、蚁群算法及模拟退火算法等。例如，哪些火力打击哪批目标，打击的先后顺序和方法。这包括任务对资源的选择与分配，攻击决策与可攻性分

析, 含兵力协同、火力协同和信息协同三个层次。

- 作战通道组织: 单平台作战通道组织、跨平台作战通道组织。
- 机动组织: 规避、撤退、兵力投送与火力集结、掩护。

根据战场态势评估和威胁判断结果, 目标的航路及其动态, 并依战区范围各平台的位置和所装备的探测器、武器的类型、有效作战距离等和战术需要, 各平台在态势共享或分层分级共享的基础上进行多平台、多武器系统协同目标(群)分配, 选择控制不同平台的跟踪传感器、武器对目标进行跟踪和打击。

由于各平台地理位置分布、战术功能分布、系统控制分布, 所以某一平台的作战管理系统并不是唯一的中心, 一旦战损或出现障碍, 可由其他平台的作战管理系统替代。一个典型情况是, 出现了一个高优先级的目标而所有最有效的武器已经分配给了其他的目标, 此时就需要修改前面做出的武器分配方案。其趋势是情报、指挥、控制、通信的一体化、智能化和网络化, 结合监视和侦察, 实现从传感器到武器的直接综合。

不论采取进攻决策, 还是防御决策, 都存在一个相应平台机动占领有利发射阵位的问题。所谓“有利发射阵位”是指根据发射武器的平台所携带武器的特性, 包括攻击模式、方式和弹道参数及所要打击或防御的目标, 选择最有利于使武器发射平台发射武器命中目标概率最大, 并便于发射后迅速撤离, 而不利敌方进行防御和进攻的空间点。例如, 战斗机抛掉副油箱爬升, 占领敌机来袭方向的优势空间位置; 舰艇面对敌舰航向占领战斗阵位。显然, 有利发射阵位是相对于目标未来点来说的。不难论证, 有利发射阵位存在与否及可能的点取决于敌我双方的相对态势。在不同的战场态势和作战环境下, 有利发射阵位是不同的。

#### (4) 多武器发射控制与导引

多武器发射控制与导引就是根据目标威胁、目标与环境特性, 实时或近实时接收/传送数据, 对多种同类、不同类本平台或跨平台武器的发射进行控制、导引与协调, 接收和处理系统间的传感器实时数据。由于不同武器命中概率和精度的要求, 常常需要一个作战平台联合另一个作战平台进行多平台探测和武器发射, 实现从相同或不同的平台发射多种武器的协同打击。假定跨平台控制发射是由作战平台 A、确定平台 B、控制平台 C 上的武器发射攻击预定的目标(多平台目标指示), 平台 B 对目标进行跟踪(或由平台 A 向平台 B 提供目标航迹数据)并对平台 C 上要发



射的武器进行火控解算, 求取相应射击诸元, 最后控制平台 C 上的武器发射。平台 C 完成发射并对发射出的武器进行中继制导或引导。在多平台协同控制中, 平台 C 上的武器实际上成了平台 B 的一部分, 相当于是平台 B 武器的延伸。当平台 C 处于攻击目标的最佳位置, 但无法快速获得目标的位置信息和运动参数, 或平台 A 和平台 B 虽处于对目标可打击的位置, 但平台上未装备合适的打击武器, 或可打击的武器已发射耗尽, 此时跨平台控制发射就是一种对敌目标快速准确打击的有效途径。以上平台 A 和平台 B 的工作也可由同一个平台, 如平台 A 或平台 B 来完成。

在警戒探测子系统支持下, 各平台相互支援、密切配合, 外层使用舰空导弹、中间层使用电子对抗、内层使用近程防御系统, 构成远中近、高中低多层次防空反导体系, 在时域、空域和频域上协调多平台或单平台软、硬武器交战命令, 以最佳的武器配对取得最好的结果, 综合控制、分配最佳交战时刻表, 充分发挥软、硬武器的实效, 并防止软、硬武器饱和。射击诸元或导引诸元既可由发射武器的平台提供, 也可由其他发现并跟踪好目标的平台提供。多武器发射控制与导引包括以下几方面。

- 发射器优选。本质上, 发射器优选就是以行动为中心的武器、目标的最佳或最优组合配对, 即以最适宜的交战态势(几何图形)和作战决心从一组协同作战的兵力中挑选出最适宜的武器去拦截目标。
- 对干扰进行控制, 避免不利的交互作用, 保证对目标的探测和跟踪。为了保证对威胁目标的充分搜索, 使警戒探测雷达与电子侦察设备在时域、空域、频域上实时协调, 同时为了保证电子干扰设备不干扰跟踪雷达性能, 使跟踪雷达与电子干扰设备在时域、空域、频域上实时协调, 在跟踪雷达接收目标指示、开始捕获目标时, 有干扰的有源电子干扰设备应停止工作, 或分频工作, 以不影响雷达等探测设备的工作。
- 使用雷达跟踪网跟踪数据, 进行干扰弹发射控制。
- 运用火控滤波数据, 评估干扰弹的干扰效果。使用电子侦察告警设备提供反舰导弹末制导雷达工作信息, 及时评估硬武器, 特别是舰空导弹的毁伤效果。
- 采用电子侦察等设备对目标类型的识别信息, 支持系统对目标类型的识别, 进而支持硬武器的作战决策。

- 防止电磁相互干扰。软杀伤武器必须严格控制使用,如箔条的设置不正确会使导弹穿过箔条云攻击舰船,或是在跟踪箔条云的途中转向舰船;各种电子干扰设备和舰外诱饵也可能会致盲舰载电子侦察系统和跟踪雷达,还可能被己舰或其他平台的传感器所接收而被认为是新的威胁。
- 应用电子侦察的目标信号幅度信息,支持硬武器的杀伤效果评估,如箔条已成功地诱骗导弹,就不需要其他对抗措施。反之,应立即采取相应的对抗措施。

## 2) 基于大数据的“云”火力控制系统

“云”所具有的应用便捷、超强的计算能力、易于扩展、高可用性、按需订购、节约成本等优势使得其在商业领域广泛应用,进而提高了经营效益。在火控领域,同样也可基于大数据“云”计算构建多平台、多武器“云”火力控制系统,进行协同作战和联合作战,提高武器和平台的作战效能。

多平台、多武器“云”火力控制系统以虚拟化和分布式协同组网为技术基础,利用当前先进的信息和网络化技术,通过“云”的网络使能理念把分散于各个战场群中的各类平台和各种武器系统中的目标传感器、数据处理和计算能力、数据链和通信系统集成成为一个高度自适应的综合火力控制“云”。当舰炮、导弹、鱼雷、激光等制导和非制导武器系统执行攻击或防御作战任务时,按照自身需求向“云”发出任务需求,“云”按照这些武器系统的要求按需或主动地及时推送相关的目标信息数据和飞行任务信息、航路信息,自动地协调控制多平台、多武器协同打击的规划,获取“云”控制网络化火力打击的优化效果。“云”计算控制可以获得远超单一武器系统或精确打击系统打击目标时所能获得的高精度和高可靠性的信息数据。对于整个体系而言,系统中的任何一个制导和非制导弹药不再属于某个单一的平台,而是通过虚拟化的综合火力控制“云”按照需要实时控制。

基于大数据的“云”火力控制系统如图 4.4 所示。

其中,虚拟化技术和分布式协同组网技术是综合火力控制“云”的关键。虚拟化技术能灵活地组织各种计算资源,隔离具体硬件体系结构及软件系统之间的紧密依赖和耦合关系,实现透明化的可伸缩计算系统架构,提高计算资源的使用效率,发挥计算资源的聚合效能。分布式协同组网技术将分布与协同两者结合起来,为“云”用户提供共享资源、共享数据、高性能计算手段,即分布式系统是通过协同



并行解决子问题来提供更高的计算性能的，同时也提供了更强大的可用性和可靠性，以防止某些系统部件发生故障而引起的系统级崩溃。

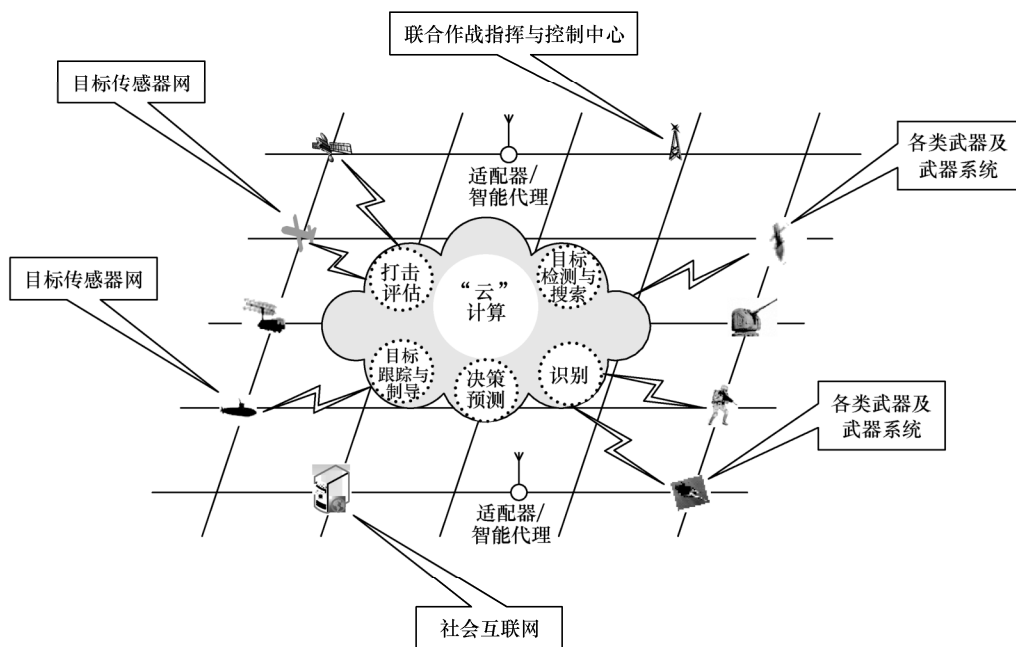


图 4.4 基于大数据的“云”火力控制系统示意图

### 4.2.2 大数据与精确打击

灵活的火力控制“云”控制引导多平台、多武器系统的制导和非制导弹药进行协同“云”火力打击，与基于单平台、单武器系统的火力控制打击相比提供了更精确的通用作战图（COP/CTP），大幅度改善了传统火力控制和导引能力；基于 IaaS 和 SaaS，通过虚拟化传感器网络和交战网络，综合火力控制“云”可以很容易地分配和再分配计算和存储资源池，具有强大的目标感知能力、计算存储能力和高可靠性等显著优势。“云”火力控制系统依据综合火力控制“云”实现了云控制下的“目标-毁伤”打击链，能自动根据威胁判断规划协同打击目标，实现制导、非制导弹药集群协同打击的优化打击效果，是网络中心战理念在火力控制领域的具体实现。“云”火力控制系统具有快捷、灵活、扩展性好等优点。



## 1. 精确打击的概念

精确首先在于准确选择关键目标或敌人的弱点。只有选择目标准确,对于精确打击来说,才是真正意义上的精确。因此,精确打击既是一个战术概念,也是一个战略概念。当精确选择目标之后,就是精确打击目标。精确打击行动包括任务规划、兵力和兵器的使用、战场态势和打击效果的评估等,表现在精确定位、准确识别、精确引导(兵力引导和火力引导)、精确适时攻击和准确及时评估上。

## 2. 基于大数据的精确打击

在火控意义上,发射控制与导引就是及时接收目标信息流指示,使相应武器系统“天线”伺服速率指令保持对目标跟踪,而武器伺服速率指令使跟踪系统“射弹”与目标在某一时空点重合或将其引导到目标区。协同火力控制系统实时/近实时接收/传送数据,对多种同类、不同类本平台或跨平台武器的发射进行控制、导引与协调,接收和处理系统间的传感器实时数据。

随着信息技术和制导技术的发展,当精确的目标和精确打击有机结合在一起时,就会产生一种战术上的精确性。当战术上的精确性在正确的时间、空间出现,打击正确目标时,就会产生战役或战略上的震慑效果,即精确的目标、精确的时间、精确的地点、精确的火力、精确的效果。外科手术式打击、斩首战就是显证。

分布式指挥控制流程是精确打击的核心内容。现代海上联合作战以同步和并行的方式使整个交战链加速运行。其作战行动的快速性和精确性——作战节奏表现在以下三方面:

- 快速获取相关信息,并由信息融合和相关联合行动形成对作战空间的正确理解,准确选择目标,而不仅仅是局限于理解更多的原始数据;
- 快速构建交战链,迅速将交战能力(特别是远距离交战能力)投入作战行动;
- 快速阻止敌方的可能行动,及时排除敌人打击所造成的影响。

应用大数据的交战链,可显著提高发现目标的概率,提高捕获目标的效率,可快速准确地进行火力决策和行动,实现快速火控和精确制导;在精确的时间、精确的地点,实施精确的火力控制与制导,进行精确打击。

基于大数据的精确打击流程如图 4.5 所示。

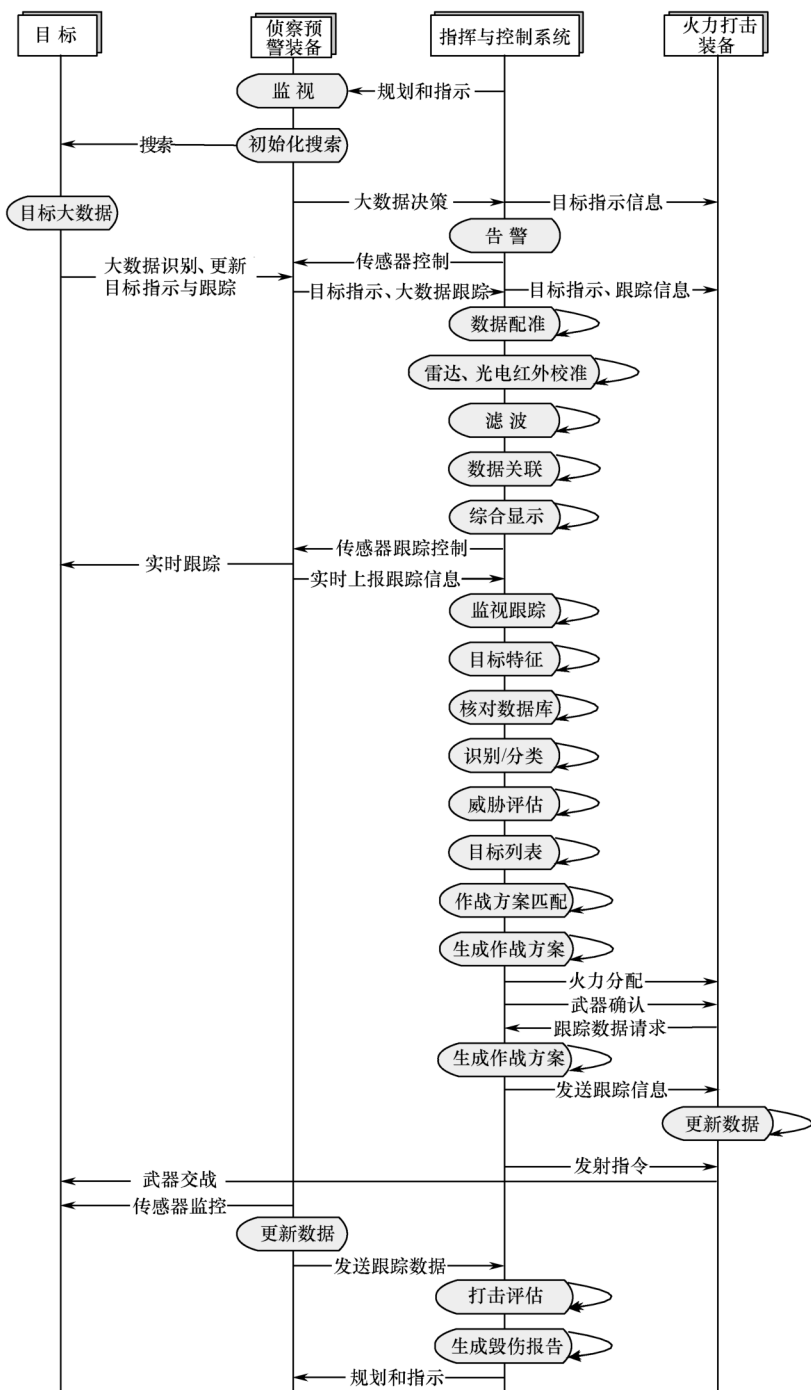


图 4.5 基于大数据的精确打击流程

## 4.3 战场评估

战场评估是下一步行动的决策依据。战场评估来源于各种情报、侦察和监视信息及数据。如果说大数据分析可以预测,则大数据分析同样可以对行动效果进行评估,对后果进行预测。战场评估从范围上来讲包括战略评估和战术评估、个别评估、全面评估和重点评估;从技术和方法上来讲,又分为在线实时评估和线下非实时评估、直接评估和间接评估。

### 1. 大数据战略评估和战术评估

大数据战略评估是从战略角度,根据相关大数据评估战略行动或打击达成的战略效果和后果。大数据战术评估是从战术的角度,对具体武器系统打击目标的效能评估,或者运用某种武器系统毁伤目标程度的效果评估。

### 2. 大数据个别评估、全面评估和重点评估

大数据个别评估是针对战场行动的某个方面,如防空、对陆、通信、后勤等方面行动的评估,或针对某个要素,如某类(个)武器系统毁伤目标的效果评估。大数据全面评估是对涉及作战行动的所有相关方面和因素进行的一种综合全面评估。大数据重点评估是利用大数据对战场行动的重要方面(如反潜)或重点要素(如信息战)实施的评估。

### 3. 大数据在线实时评估和线下非实时评估

根据大数据的实时性和评估需求,可实施在线实时评估和线下非实时评估。例如,对敌进行干扰或发射导弹、鱼雷后,需要实时对软、硬打击的战场效果进行评估,及时了解目标是否被毁伤;如果目标被毁伤,毁伤的程度如何,以决定是否继续打击或转火。其中,在线杀伤评估就是在当前威胁评估和发射对每个威胁目标的积累量计算完成之后,实时评估所打击的目标可能被杀伤的概率。这个概率一般是向威胁目标提供发射总量的函数。对于软武器,可以通过获取的目标位置和机动信息对交战效果进行评估,如敌反舰导弹制导头开机后,逐渐偏离我被打击平台而指向干扰云或红外诱饵时,可认为干扰有效,此时可视情放弃再使用硬武器拦截,以减少弹药消耗。

在作战过程中,武器发射平台的“弹药”消耗情况和软、硬武器的交战评估结



果将通过战场数据分发系统实时发送给联合作战平台。联合作战平台中的协同控制模块据此更新协同交战方案，对未击毁的目标继续再次进行打击，或者分配打击新的目标。

### 4. 大数据直接评估和间接评估

大数据直接评估是直接通过肉眼、雷达、光电、无人机等观察目标被打击前后形态、结构等的变化来判断目标毁伤程度的评估。例如，通过目标信号是否消失及人为通过光学装置直接观察进行评估。

大数据间接评估是通过分析打击前后目标的行为变化、战场态势变化等的后果进行的评估。

# 第5章

## 大数据和海上应急救援指挥控制

### 5.1 概述

随着大数据的发展，大数据已成为继云计算、物联网之后信息技术的重大发展，对社会发展、国家治理、企业决策，乃至人们的思维方式变革和生产生活模式产生了重大影响。目前，大数据技术已广泛应用于商业、金融、科研、交通、智慧城市、人工智能等许多领域。

海上应急救援是在海上发生灾变时所进行的紧急救援行动。在人类的海洋活动中，由于自然的或人为的各种因素随时可能导致一些突发性事故，如海上钻探平台倒塌，航行船舶碰撞、搁浅、沉船，飞机坠海，海上火灾，台风袭击、海啸，海上人质劫持，突发性人员疾病等，都需要应急紧急救援。古今中外，曾发生很多不同情况的海上灾变事故。例如，1912年4月14日，“泰坦尼克号”豪华邮轮处女航遭遇海上冰山沉没，造成1520人死亡的特大事故，震惊了全世界；1967年，一艘利比亚籍油轮“托雷·卡尼翁号”装载12万吨原油从波斯湾启航前往美国米尔福港，3月18日在英吉利海峡靠近英国一侧触礁破损，导致大量原油溢漏，造成大面积的油污带；1999年11月24日，我国烟台-大连航线客轮“大舜号”突然在烟台近海沉没，282人死亡，成为那年冬天最冰冷的一天；2000年8月12日，俄罗斯海军最为现代化的大型核潜艇“库尔斯克”号在巴伦支海参加俄北方舰队演习时意外失事，艇员全部遇难，各种原因至今没有准确说法；2006年2月2日，埃及“萨拉姆98号”滚装船行驶到红海海域翻沉，近1000人死亡。已经发生、可能再次发生的各种海上事故造成了惨重的人员伤亡、巨额财产损失，污染了海洋环境，更可能严重影响世界经济的发展和社会稳定。海上应急救援行动可以预防和控制紧急事



件灾难的发生与扩大,最大限度地保护人员和财产安全,消除影响,恢复周边正常的环境。

基于大数据的海上应急救援是在公共安全和国家海洋大数据集中和整合的基础上,通过挖掘、预测和评估相关大数据,提供安全预警、准备应急救援预案、实时实施应急救援方案,即所谓“大数据主导海上应急救援”。尽管目前全球大数据在海上应急救援领域的应用还处于开始阶段,但随着大数据技术的发展及大数据在海上应急救援行动中的巨大优势,世界各国,特别是海洋大国都在瞄准海上应急救援服务需求,积极研究大数据海上应急救援的内容,探讨基于大数据的海上应急救援指挥与控制机制。

我国既是海洋大国,也是世界航运大国。在发展海洋经济,实施国家海洋战略,维护世界海洋安全与稳定的过程中,我国必须巩固和发展海上应急救援指挥与控制。同时,我国也是国际海事组织(IMO)A类理事国,必须履行缔约和加入的相关国际公约,承担国际义务。

由于海上应急救援需要第一时间掌握海洋情况,掌握相关海域状况,所以需要各有关机构和国际组织通力合作,构建海上大数据应急救援的基础设施。美国在位于加州“中国湖”的军事地球物理中心针对海上作战和海上应急救援气象环境需求,采用基于互联网的云计算能力研究和预测全球海洋的气候和天气情况。大数据海上应急救援需要应用大量高新技术和相关系统,如海事卫星、海洋监视卫星、遥感卫星、通信导航卫星、地理信息系统(GIS)等,建设数据中心、设立相应的组织机构,进行预案准备。美国海军与圣地亚哥州立大学合作,使用Google公司的大数据云计算平台,研究在灾难发生时的实时交互。该平台称为InRelief.org,是一种协作环境,用来在自然或人为灾难时提升国际组织、非政府组织、政府组织和军队之间的信息共享水平。

### 5.2 海上应急救援的主要内容和特点

自有人类的海洋活动和海上行动以来,就有了海上事故,海上应急救援就成为人类研究的重要内容。海上灾难往往来得十分突然,应急救援往往范围广、发现难、打捞难、急救难。2013年9月29日下午,第21号台风“蝴蝶”从南海中部突然生成来袭,来自广东台山的5艘渔船在西沙珊瑚岛海域避风时遇险,3艘渔船先

后沉没, 74 人下落不明。接警后, 中国南海搜救中心、广东和海南地方政府、公安海警、渔政、边防部队、港航企业等各方力量参与紧急救援, 先后出动船只 34 艘, 飞机 10 架, 搜救海面达 11 000 平方千米, 搜索空域 18 000 平方千米。2014 年 3 月 8 日凌晨, 载有 227 名乘客、飞往北京的马航 MH370 航班在马来西亚与越南的雷达覆盖边界与空中交通管制失去联系, 随后, 马来西亚、越南、中国、美国、澳大利亚、印度尼西亚、新加坡等国先后紧急派出舰船和飞机在航班飞机失联海域进行大范围海上搜救, 至今没有结果。<sup>③⑧</sup>本节主要研究海上应急救援的主要内容及其特点。

## 5.2.1 海上应急救援的主要内容

海上的各类事故、灾害或事件具有突发性、复杂性和迅速变化性。历史上, “泰坦尼克”号邮轮首航遭遇冰山沉没、俄罗斯“库尔斯克号”核潜艇突然失事都是如此。大数据海上应急救援即基于并采用大数据技术, 以预警防范为基础, 融合公共安全大数据、国家海洋大数据和国际海事信息大数据, 融合各类新闻媒体和互联网上的国际政治、经济、安全等各种相关信息和数据, 对海上各类人工建造物、过往船舶、飞机、海上作业平台大数据进行实时有效整合和采集, 提供关联规则分析、时序分析、聚类分析、数据挖掘等大数据分析挖掘服务, 为构建预测预警、方案预定、效果评估等不同层次和方面服务和指导。其主要内容包括以下几个方面。

### 1. 确定海上灾变及其性质

海上灾变具有突发性、迅速变化性, 包含人为和自然灾害等多种产生原因。当海上灾变发生时, 一般有两种发现形式: 一是现场人员通过各种求救设备(如 EPIRB 设备、SOS 发生器等)发出信号进行求救, 如果是海盗袭击或恐怖分子的袭击, 也包括海盗或恐怖分子的有意主动报警; 二是海洋监视卫星、海上巡逻船、岸基雷达、海上巡逻机等第三方发现的灾变。无论通过哪种形式, 获得海上灾变信息后, 第一时间就要尽力确定海上灾变是否发生, 发生的时间、地点, 灾变的对象和灾变的性质。

海上灾变根据原因可分为人为灾难、自然灾害和混合灾难; 根据损失大小和严重程度, 可分为一级灾难、二级灾难和二级以下灾难。

<sup>③⑧</sup> 2015 年 7 月 29 日, 在南印度洋法属留尼汪岛有保洁人员发现形似飞机副翼的金属物, 后经多国专家鉴定, 确认属于马航 MH370 飞机襟副翼残骸。至此, 确定 MH370 在南印度洋坠毁, 详情仍待后续搜寻、调查和分析。



## 2. 大数据预警、估计和大数据应急救援预案制定

最好的海上救援是规避和避免海上灾难的发生，这就要事先提出警示，即事先通过大数据分析进行预警。当真正海难发生时，海上应急救援要及早发现、快速行动、预先准备。应预先根据历史和现实情况，针对各类海上事故拟制应急救援预案。

获知海上灾变后，要第一时间进行估计，分析事故情况、事故性质、发生地点、发生原因；第一时间形成一致的现场状况图；依据预案行动，提出救援路线、救援手段、救援装备，估计救援所需时间。

## 3. 大数据决策

① 空间环境分析。随着高新技术的飞速发展，特别是在 GPS、RS、先进传感器平台及智能系统的支持下，GIS 可以实现海洋环境信息空间查询与分析、海洋环境信息和海洋行动敏感特征参数提取、航行路径分析、可探测区域分析、空间距离量算、面积（体积）量算等，为数据化智能化行动决策提供支持。

② 战术和战略层次智能任务规划。根据海上灾变应急救援的特点，进行战略战术不同层次智能任务规划，如应急救援基地规划、基础设施管理、管理区规划、联合行动任务规划、行动方案支持、特种行动支持、救援效果评估、应急准备规划、应急救援目标分析等。

③ 战术层次智能化行动管理，包括应急救援模拟、救援现场监测、行动管理、区域战区规划、航行计划、导航管理与控制、救援平台规划与配置、救援行动战术原则、后勤保障规划、救援行动过程分析与效能评估等。

④ 实时航路规划与救援行动信息支持，包括抵近航路、搜索航路，实时数字海图、机动行动方案优化，地形匹配与精细目标识别，航行路径优化等，并为联合应急救援提供不同层次和粒度的 COP/CTP 支持与多媒体专题信息服务。

## 4. 大数据现场管理

海上应急救援行动涉及的方面、人员、物资、装备、保障、后勤等十分复杂。大数据现场管理是一个临场决策的过程，包括多方行动管理和搜救资源调配，因此也是一个多因素动态统筹规划的过程。



## 5. 风险规避与效果评估

海上灾变种类多样、多态，情况复杂，各种风险存在，处置稍有不慎或处置不当，就可能造成灾害扩大或造成其他意外灾害。因此，应依据大数据分析，实施风险的有效管控和规避；实时评估各种应急救援方法和手段的效果。

### 5.2.2 海上应急救援的特点

海上应急救援既是一种典型的非战争性军事指挥控制行动，也是一种对专业性、技术性要求极高的行动。其主要特点如下。

#### 1. 时效性

海上灾变往往发展很快，如对失事人员的搜救，对火灾、核灾的处置都需要在极短的时间内完成，需要救援力量在时限内及时赶到，快速进行处理。

#### 2. 技术性

海上搜救的技术性要求很高，特别是对于核事故、水下事故的救援需要具有相应的技术装备、手段和专业技能，甚至特殊的技术技能。

#### 3. 军事性

一是必要时需要军方力量积极参与应急救援；二是有些应急救援本身具有高度的军事机密性，如核潜艇事故、海上军机事故等。

#### 4. 系统性

参加应急救援的有多种力量和专业分队，组织协调方面多；参与的各类舰船、飞机平台和设备多，需要相互配合，形成统一的整体。应急救援处置受天气海况变化、通信报知、搜索定位、航行距离等因素影响，程序复杂多变、难度大、系统性强。

## 5.3 基于大数据的海上应急救援指挥控制

海上应急救援是在海上发生灾变时所进行的紧急救援行动，要求情报准确、信息精确、目标明确、行动快速，需要做到“及时了解、快速反应、准确决策、



统一调度、妥善处置、全程监控”，需要在第一时间快速准确地获知海上灾变事故的情况，掌握地点、事故性质，在黄金救援时间有针对性地采取措施和行动。海上应急救援体系包括海上应急救援组织体制、运行机制、法律基础和保障体系等几个部分。在指挥控制平台上，需要国际国内，国家和地方，军队、公安海警和地方平台相互衔接联动，形成以大数据为基础、以海上应急救援预案为依托、以应急救援能力为导向的知识化、智能化海上应急救援体制机制。

### 5.3.1 海上应急救援应具备的能力

针对海上突发性事故的性质，海上应急救援应具备应急准备、监测分析、预测预警、反应处置、事件中止、恢复评估等能力。

#### 1. 应急准备能力

应具备快速反应、快速部署、快速处置能力，包括条件保障、物资装备准备，完善法律法规，进行预案准备，平时进行实战模拟训练。

#### 2. 实时监测分析能力

实时接收、分析、检测海上活动情况、海洋状况、各类飞行器和船舶运行状况，不间断进行动态监测，实时跟踪事态变化、实时评估。

#### 3. 预测预警能力

根据海洋活动的特点和近期海洋情况、历史数据、经验数据，对有关海域、水道和海峡进行预测评估；对有关船舶、启航飞机、海上活动进行提示和预警。

#### 4. 指挥与控制能力

按照有关规定，启动海上应急救援应急预案，迅速展开指挥与执行工作，快速而有条不紊地组织、调度人员和物资，协调海、陆、空、天相关资源和机构，开展专业处理与相关配合工作。同时，根据反馈情况，动态评估事件的发展情况，及时调整处置措施，最大限度地实施救援和恢复工作。

#### 5. 全过程评估完善能力

应具备预先情报评估、伤害等级评估、行动过程评估、实施方法评估、风险评估、保障条件评估、完成时间评估，以及灾害修复评估等能力。

## 5.3.2 海上应急救援指挥控制机构与指挥控制流程

### 1. 海上应急救援指挥控制机构

海上应急救援的特点决定了海上应急救援通常需要一个统一高效的指挥控制机构。不过由于不同的历史传统和国家体制,世界各国海上应急救援指挥控制机构在体系机制上有所不同。美国海上应急救援机构主要由国家搜救委员会(NSARC)和海岸警卫队(USCG)两级体系组成。其成员包括国防部(DoD)、内政部(DoI)、商业部(DoC)、运输部(DoT)、国土安全部(DHS)、联邦通信委员会(FCC)和国家航天航空局(NASA)。海岸警卫队是具体实施的机构,负责依法在美国港口、海上航线、沿海岸、国际水域执行海上应急救援。其主要职责是:减少海上运输、渔业和游艇相关活动造成的死亡、伤害和财产损失,保障海上安全;运用其海上力量,增强地区稳定;拦截海上毒品、移民和走私活动,防止非法捕捞,打击违反联邦法律的海上活动;在便利海上运输和商务活动的同时,最大化提供休闲娱乐水域;减少和消除海上运输、渔业和相关游艇活动对环境和自然资源的破坏。此外,他们还应他国要求前往他国海域内执行有关安全、环境和利益的应急救援行动。日本海上应急救援机构主要是海上保安厅(JCG),内设总务部、装备技术部、警备救难部、海洋情报部、灯标部 5 个职能部门及 11 个地方辖区保安部。其职责与美国海岸警卫队类似,主要是负责海上治安管理、海上交通安全、海难救助、海洋环境保护、海上防灾,以及国内和国际合作。

我国海上应急救援指挥控制机构成立于 1973 年,时称“海上安全指挥部”。1989 年,国务院、中央军委以国函(1989)50 号文件批准在交通部组建中国海上搜救中心,同时撤销原海上安全指挥部,在沿海各省、市、自治区设立地方海上搜救中心。这种分散一体化的海上应急救援指挥控制体制一直沿用至今。2005 年,由交通运输部(牵头单位)、公安部、农业部、卫生部、海关总署、民航总局、安全监管总局、气象局、海洋局、总参谋部、海军、空军、武警部队、民政部和信息产业部等 15 个部门和单位组成国家海上应急救援联合指挥部。经过国务院批准,该部际联席会议为我国海上应急救援的最高领导机构,负责统一组织、指挥和协调重大海上人命救助和船舶污染等的应急处置行动,同时承担国家海上搜救部际联席会议的日常工作。

我国海上应急救援指挥控制机构组成结构如图 5.1 所示。

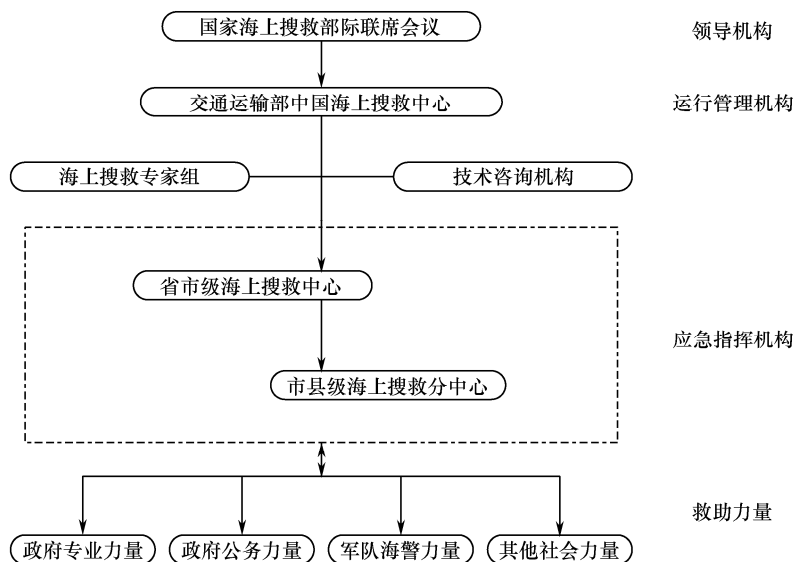


图 5.1 我国海上应急救援指挥控制机构组成结构

## 2. 海上应急救援指挥控制流程

目前，海上应急救援指挥控制中心主要有岸基国家海上应急救援指挥中心、车载机动式指挥中心和船载机动式指挥中心。岸基国家海上应急救援指挥中心是一国开展海上应急救援行动的主体单位，通常开设于各国的海事部门大楼内，是各国海上应急救援机构人员日常工作的场所；车载机动式指挥中心是岸基国家海上应急救援指挥中心的派出分队/支队，用于海上应急救援的前进指挥，负责就近协调指挥应急救援相关事务；船载机动式指挥中心部署于现场搜救船舶，在现场开展海上搜救的直接指挥。海上大数据应急救援指挥控制流程如图 5.2 所示。

如图 5.2 所示，船舶、飞机、钻井平台等通过 EPIRB 等标配的海上无线电应急救援求救设备自动向外发出求救信号；海上遇险人员通过定制的个人求救终端，以及烟雾信号、信号弹、反光镜乃至衣物等方式方法主动向外发出求救信号；海上巡逻机、海巡船，以及各类社会人员发现险情及时向当地海上应急救援中心报告险情。岸基海上应急救援指挥中心 24 小时接收 AIS 系统信息，实时接收海图信息、国家海洋大数据信息，获取相关海域海事信息、当地社会信息，实时进行大数据分析预警。在获悉海洋险情时，迅速启动海上应急救援预案，进行大数据决策行动规划，包括搜救方案规划、搜救航路规划和支援保障规划，展开海上大数据应急救援

援行动，同时展开应急救援行动推演和效果评估。在有全球卫星导航系统的今天，在通信和定位上，岸基海上应急救援指挥控制中心和全球卫星导航系统相互通信，确定事发海域，定位目标位置；指示就近海域的车载/船载机动式搜救中心前往事发海域展开现场海上应急救援指挥控制行动。

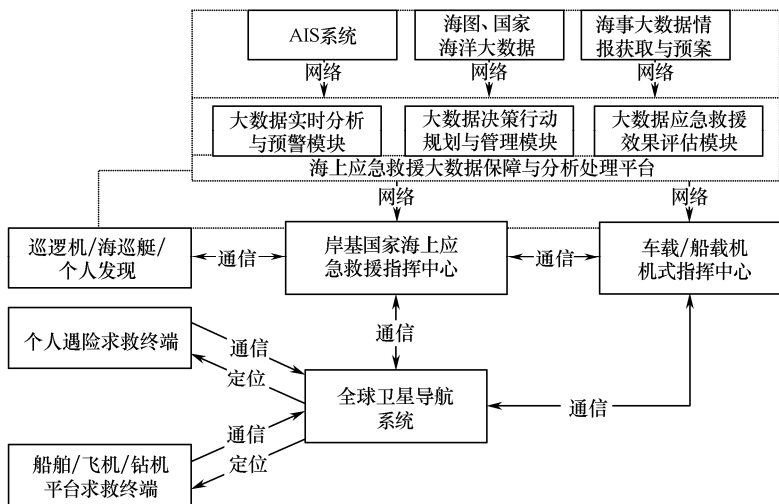


图 5.2 海上大数据应急救援指挥控制流程

### 5.3.3 海上应急救援大数据保障与通信指挥控制

#### 1. 海上应急救援大数据保障

海上应急救援大数据是确定海上灾变发生、发展、性质和实施紧急救援的关键，包括 AIS 系统数据、海洋地理大数据、海洋监视卫星数据、海洋磁场声场变化数据、各类通信数据、船舶飞机等航行动力大数据、相关设备状态大数据、地震海啸资料数据、历史资料数据、GPS 数据、机场港口活动数据、相关人员活动大数据、网络数据、社会大数据，等等。

具体来说，海上应急救援大数据保障包括以下内容。

① 基础海洋环境信息保障：掌握有关海域的地理环境、海洋空间、海峡水道情况，地质地貌数据、气候、地震带分布、异常海域、气象水文特点、海底电缆管线分布、海上人工建造物种类数量与分布等，海岸线、岛礁、禁区、领海、海水温度、盐度、密度、声速、海流、潮汐、涡流、地质、地形、透明度、水色、水深分



布等,云、雾、降水、湿度、台风等。

其中,以地理空间位置为基准的地理信息系统(GIS)可以为海上应急救援指挥控制行动提供多维、多尺度、多分辨率、多数据源、高精度的海洋基础性数据,提供精确的导航、制导与控制,还可为救援决策提供精确的地理空间信息和事态态势支持。

GIS的信息和数据来源于海、陆、空、天的各种探测、遥感系统和装置,包括天基的遥感卫星、海洋监视卫星,以及侦察卫星等;空中有人侦察飞机、无人侦察飞机,以及飞艇等搭载的光电探测雷达、高分辨率成像和遥感装置、气体气旋分析装置等;岸基的高频天波雷达、地波雷达、微波超视距雷达、激光探测雷达、光学探测与成像装置、无线电信号探测与分析装置,以及海洋气象与水文探测和分析装置等;海基的测量船、浮标、潜标、潜艇(包括UUV)、蛙人、沉底式海床基、接驳器等搭载的各种物理生化传感器、光电探测器、水听器等。

② 应用产品信息保障:包括海洋水声环境信息(声传播损失、海洋噪声与混响、声呐作用距离、海洋中尺度特征、跃层参数、会聚区参数等),水上航道及其周边环境,水下航行深度优化参数、磁力场、重力场等,提供关键受保护目标的位置、状态和特征信息,航行安全参数等。

③ 历史数据与实时信息保障:主要有历史档案数据、经验情报数据、实时环境信息、应急救援特色数据,以及网络信息(实时获取、动态更新)。

④ 社会情报和地缘政治经济信息:包括区域社会网络情报,国际政治关系情报,军演、护航、反恐等军事信息,海洋开发等社会经济活动。

## 2. 海上应急救援通信指挥控制

海上大数据应急救援指挥控制突出了海上应急救援行动中大数据分析和大数据应用。如何确保岸基指挥中心、车载机动式指挥中心和船载机动式指挥中心之间,以及确保与船载搜救终端、个人搜救终端、海事卫星之间通信指挥控制系统的可靠性、通畅性、敏捷性和灵活性是确保海上大数据应急救援行动顺利开展的关键。

由于实际的应急救援平台、岸基指挥控制中心、移动应急指挥控制平台、海洋监测卫星、海洋通信卫星、导航卫星的位置分布有的相距遥远,因此海上大数据应急救援通信指挥控制系统要求各个应急救援行动实体能构成网络化海上应急救援“云”,强化从时间协同到空间融合有机统一的行动。这就要跨越时空及时通信,特

别是在复杂的环境条件下,需要及时分类、按需高效地分发所需信息和数据,并尽可能预先为下一个决策提供需要的信息。基于大数据的海上应急救援信息分发系统是提供及时的现场情势感知,进行高效指挥控制、精确实时的救援行动和实时的后勤保障的关键平台。其通信容量、周期时间、数据更新率、报文差错率和抗干扰能力,应比一般数据链高出若干数量级。

如图 5.3 所示,基于卫星通信的海上大数据应急救援指挥控制网络在通信方面能对进入应急系统的行动实体或行动单元实时分发所需的关键数据和信息(包括救援行动实体或行动单元的位置信息、对灾变现场情势的跟踪监视信息等),用于产生实时救援态势和危险报警信息,指挥、控制及引导信息。对于二级及以上灾变事故,大数据实时信息分发系统的数据传输率应达到 10Mbit/s。当用于二级以下海、陆灾变时,信息分发系统的数据传输率要求可适当降低,并具有数字语音通信功能和视频显示功能。在导航定位方面,该系统能为进入应急救援系统的行动实体或行动单元提供公共坐标系及相互间精确的相对位置数据。当进入系统的成员有两个或两个以上能准确知道自己的位置时,它便能对相对坐标系进行地理定位,以接力方式传送高准确度的地理导航定位信息。在识别方面,系统工作网内的各成员之间在交换位置数据信息和识别数据信息的同时,可完成网内成员之间的识别。

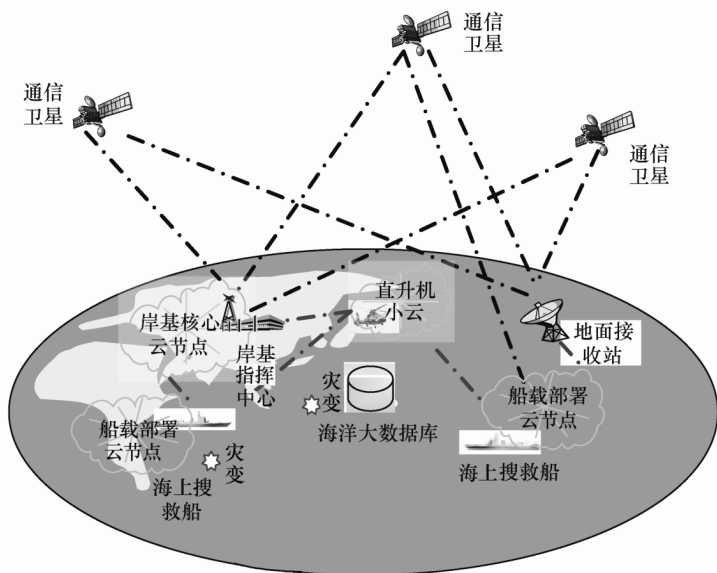


图 5.3 基于通信卫星的海上大数据应急救援指挥控制网络



## 5.3.4 海上大数据应急救援指挥控制系统的组成

海上大数据应急救援指挥控制系统的基本组成如图 5.4 所示。

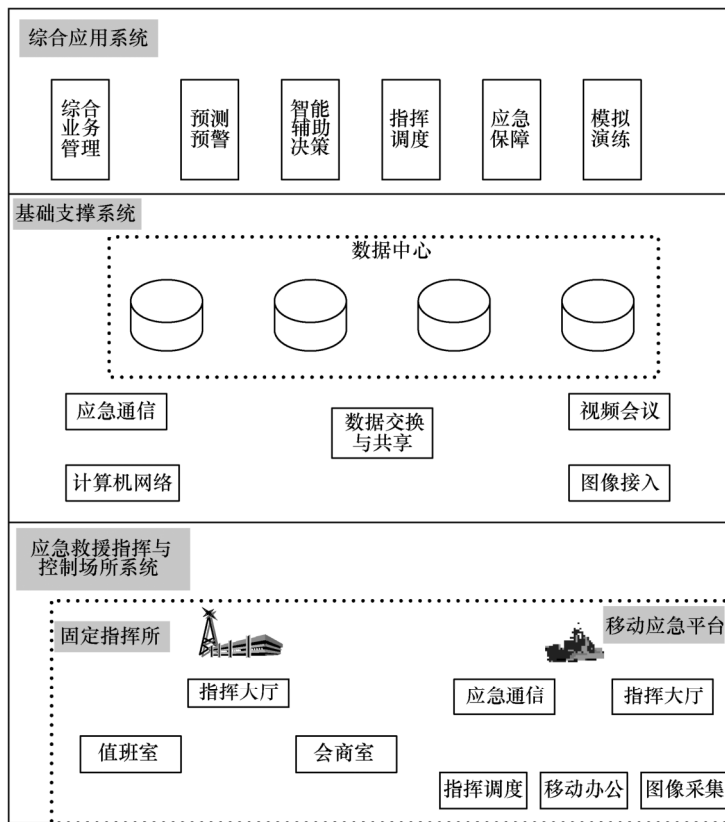


图 5.4 海上大数据应急救援指挥控制系统的基本组成

### 1. 综合应用系统

综合应用系统是在基础支撑系统基础上建立起来的应急救援指挥与控制决策和训练系统。其主要功能包括应急方案制定、人员物资调度和平时的应急指挥与控制模拟演练。通常情况下，综合应用系统包括综合业务管理系统、预测预警系统、智能辅助决策系统、指挥调度系统、应急保障系统及模拟演练系统。

### 2. 基础支撑系统

基础支撑系统在应急救援指挥控制系统中起承上启下的关键作用，也是应急救



援指挥控制系统的基础和核心。其作用是对事件和相关信息进行采集、传输、存储、加工并最终被用户使用。一个常规的应急救援基础支撑系统主要包括以下四部分。

### 1) 采集通信

采集通信包括各类前端信息采集和各类通信系统的终端,为应急救援指挥控制系统早期所需的各类信息提供足够的汇集能力和指挥通信能力。信息采集分为视频图像信息采集和数据库数据采集两大类。根据数据的保密性,采集的信息又可以分为内网涉密数据和一般数据两类。一个完整的信息采集系统是由分布在前端的各种采集设备和后台的控制管理设备构成的。

视频图像信息采集将各类信息采集平台的视频监控图像进行整合,统一接入,进行资源调度。目前,基于 IP 技术的视频监控方案已经比较成熟,对于应急救援视频接入这种跨域、跨系统、跨空间距离的需求而言,是最合适的解决方案。前端通过 IP 编码采集,后端通过 IP 解码呈现,中间通过 IP 网络承载、IP 存储实现数据存放。整个系统的控制管理是基于 NGN 架构的。数据库数据采集主要包括 GIS、气象云图、海图、船舶/人员 GPS 或“北斗”系统跟踪、智能手机,等等。有些是结构化的数据,大量的是半结构化、非结构化的数据。

### 2) 传输网络

传输网络是冗余、高可靠的系统通信网路链路,包括抗毁性设计。它主要包括高质量的有线网络、WiFi/WiMAX/3G/4G 等新一代高带宽无线接入、紧急情况下的卫星通信系统,以及作为应急救援主要指挥与控制手段的微波通信系统等。传输网络的主要作用是信息的汇集、横向信息的整合和共享。

### 3) 数据中心

广义的应急救援数据中心是所有应急救援业务的物理载体,一切决策均来源于数据,一切预案均来源于学习和积累。在整个应急救援的基础支撑体系中,应急救援数据中心既是最靠近决策中枢的环节,也是最直接支撑上层软件应用的环节。因此,数据中心是整个应急救援指挥控制系统的核心。

### 4) 管理平面

管理平面的主要功能是实现应急救援指挥控制系统的设备管理、网络管理、业务管理(通信、会议、图像、数据等)、用户管理等各种管理功能,为所有应急救



援业务提供高效的资源管理，并且它的持续优化整合最终体现在应急救援指挥控制系统的易用性上。同时，它也为综合应用系统提供良好的业务接口。综合应用系统的效能最终体现在接口的丰富性和管理平面对下面各个平面管理的紧密度上。

### 3. 应急救援指挥与控制场所系统

应急指挥与控制场所系统分为固定指挥所和移动式应急平台两部分，是指挥与控制人员了解现场态势，进行决策和对人员、物资实施调度的办公和生活场所。

硬件上，应急救援指挥与控制场所系统依托网络系统实现有线、无线、卫星、微波等信号的接收，并通过大屏幕显示、数字会议、视频会议等系统将事件情况向指挥人员显示，完成辅助决策和命令的下达和情况上报。软件上，海上应急救援指挥与控制场所系统主要依托综合管理系统，在系统总线的控制下对设备、软件等进行监控管理和用户管理，实现信息的快速收集、灾变快速评估、灾变动态评估、应急辅助决策、应急救援指挥与控制管理和信息发布等功能。

但在突发事件现场，海上应急救援只能通过移动式应急平台来实现数据、语音和图像的传输。主要通过 CDMA、GSM 等移动网络和集群通信、无线宽带网和卫星通信来保证现场与应急平台、移动应急车之间的通信。针对突发事件处置的图像、应急救援预案、任务下达、处置的结果等都需要通过移动网络、卫星等传输到应急平台，并通过政务外网实现多部门共享。

# 第6章

## 未来趋势和发展

大数据是人类活动以互联网的发展创新至现今阶段的时代特征，是现代信息技术高速发展和广泛应用的产物。在人类历史上，从来没有哪个时代像今天这样产生如此海量的数据。随着移动互联网的深入发展和非结构化数据的指数化增长，基于大数据的跨界创新、融合和突破也同步进入快速发展的时期。大数据所具有的在区域之间、行业之间和企业部门之间的穿透性，正在颠覆千百年来传统的、线性的、自上而下的精英决策模式，并在人类的行动和生产生活中发挥越来越大的作用。如果说物理世界是产生数据的最初来源，则大数据通过对组织内和组织外的数据整合使我们更加清晰、精确地了解这个世界的各个特征和关系。

在指挥与控制领域，21 世纪初，美国海外作战和国土防卫部门已开始聚焦于核心大数据中心、企业云服务及基础设施建设。2010 年 12 月，时任美联邦首席信息官的 Steven Vanrokel 发布“政府 IT 倡议”，希望联邦部门在部署新的 IT 系统时，优先采取大数据云战略；2011 年 2 月，美国政府首席信息官 Vivek Kundra 发布了“联邦云计算战略”，明确要求联邦政府各部门通过大幅提高预算、优先采购相关装备，加速向大数据云计算和共享企业服务推进。云计算集中客观知识于云端，在不限用户设备和位置的同时提供安全按需访问全球任何数据和运算计划的能力。第一步的目标是通过基础设施重构，改善任务效能，提高网电安全，建立联合信息环境（JIE），以逐步实现从当前烟囱林立、重复笨重、复杂昂贵的应用程序向统一、简洁、敏捷、高效的大数据“云战略”转变。CEO 们将可能不再依赖于业务部门提出的建议，而是通过大数据决策系统来分析各个角落传回的实时数据，做出走向胜利的决策。



### 1. 未来趋势

#### 1) 指挥与控制决策由大数据支配

20 世纪, 世界各国间的海洋行动和军事角力主要围绕着客观物质世界的海、陆、空、天权的争夺和控制进行。进入 21 世纪, 随着网络电磁空间和大数据时代的到来, 网电空间权和制信息权将上升为主要竞争领域。信息和知识将成为世界海洋行动和军事斗争行动指挥与控制的主导。指挥与控制是资源、任务和过程的结合。未来的指挥与控制系统, 人们将更多地应用和利用大数据, 探寻后信息化时代战争制胜的内在机理。一切靠“数据”说话! 在大数据时代, 只要有足够的高质量的数据, 通过数据挖掘, 就可以较为准确地把握诸如敌方指挥员的思维规律、预测对手的作战行动、战场态势的变化等复杂问题。美国海洋行动正在推进大数据计划, 未来云计算在海洋行动的 IT 项目中将承担关键角色。目前, 美军已将大数据分析 with 预测作为其指挥与控制系统的核心。其海军下一代企业网 (NGEN)、舰载一体化网络和企业服务 (CANES) 项目都将使用大数据云计算技术。

未来的海洋行动将是基于大数据的指挥与控制行动。未来的海上作战将是基于大数据指挥与控制, 精确设计战争。

#### 2) 大数据成为指挥与控制决策的主体

冷兵器时代, 战争依靠体力和经验; 热兵器时代, 战争依靠机械能和作战艺术; 信息和数字化时代, 战争依靠数据和数据分析处理能力; 信息爆炸后的大数据时代, 数据开始越来越多地决定战争的胜负。数据的数量和质量、数据分析和处理能力、数据主导的决策能力, 是决定作战行动和战场优势的关键和核心要素。客观知识世界的大数据将成为指挥与控制决策领域的主体。美军已经明确将大数据提升为增强战争能力的主引擎。

#### 3) 真正的智能化指挥与控制

智能化作战是高级阶段的信息化作战。智能化指挥与控制对指挥与控制系统提出了基于智能技术的自主分析、自主协同需求。大数据的核心是预测。大数据赋予了互联网以智商, 这使得互联网的作用从简单的数据交流和信息传递, 上升到基于海量数据的分析和智能信息融合。在将来, 建立以各军兵种、战场环境间的数据共享为基础的自主式智能决策支持系统, 能够根据所处的战场环境, 进行威胁态势的自动分析, 能够根据专家知识形成可供人工干预的决策、计划和对策; 能够进行智

能计算、智能指挥，快速推演，预估作战行动和结果，在推演和评估的基础上形成可供选择的决策方案，并能够不断地加强学习，实时完善决策支持库。由此，计算智能系统和大数据分析将逐渐取代传统的参谋规划推演。不仅如此，每一个平台和参战士兵也将全部装上智能移动终端。

装备设备包括智能飞行器、智能潜水器、智能灭扫雷具、智能化无人艇、智能机器人战士，等等。

#### 4) 云作战

由于大数据技术和网络技术的发展，以及“云”所具有的优势，未来海上、空中和陆上的各种行动将可能更多地以云作战的组织形式出现，包括各种战略云和战术云。由此产生云战略理论、云作战指挥理论、云交互及其控制理论、云架构体系理论等。各种功能和形态的“云簇”将产生。

#### 5) 从数据到决策，战争工程化

信息爆炸后时代，大数据正以比以往任何时期都快得多的速度增长。天上卫星监视，世间网络传播，巨量信息流转。从大数据中提取信息和知识，由此进行从数据到决策的工程化。几千年前的研究凭经验，数百年前的研究靠模型和假设，近几十年的分析靠仿真，现在的研究靠大数据。美国国防部近年来已经大量采用虚拟化技术和面向服务的体系结构，积极建设大数据云基础设施，构建国防部层次的企业云服务，并开始在各军兵种层次推广应用战术级数据存储、数据分析和情报处理等服务。随着大数据不断融入战场指挥与控制实践，支持作战筹划，将逐步实现数据决策，精确设计战争。知识工程化、作战艺术转为战争科学，艺术和科学一体化，战争工程化。

数据战争工程包括终端的数据化，如数据化头盔、数据化弹药、数据化快艇。

## 2. 未来发展对策

大数据带来的信息风暴正在变革我们的生活、工作和思维，并正在为人类的生活创造前所未有的可量化的维度，而更多的改变正蓄势待发。大数据时代最大的转变就是放弃对因果关系的渴求，取而代之的是关注相关关系，在相关关系中显示或突出因果关系。大数据的核心是预测和发现各种价值。大数据为现代指挥与控制的转型发展提供了历史性的机遇。信息化战争制胜的机理深深蕴藏于军事大数据之中。基于大数据的海上指挥与控制正是海洋行动指挥与控制发展的需求和未来海洋知识化战争的要求。在宏观层面，大数据使得海上指挥与控制变成大数据的指挥与



控制；作战云、云作战等新概念使得现代海上作战演变为利用数据的战争；现代战争成为利用数据打仗；海上应急救援变成利用数据的行动。

### 1) 健全管理机构，在顶层统一筹划大数据跨域联合建设

指挥信息系统作战数据的规划、开发、使用与管理应由统一的组织管理机构负责，集中统一的管理方式可以有效破解硬件、软件和数据建设相互割裂的弊端，确保三者相对协调一致的发展。根据海洋行动指挥体制的实际，可依托现行军事训练和信息化管理体制，自上而下地设置跨部门、跨兵种的作战数据建设管理部门和作战数据军官，建立海上行动统一的作战数据建设制度体系，破解作战数据建设长期没有明确主管部门的弊端。

### 2) 构建大数据生态及其网络云作战环境

现代多军兵种海上联合作战需要大数据的支持。现代海上应急救援同样需要大数据的支撑。在未来的海洋行动中，大数据及其网络将成为战斗力生成的核心要素。海上指挥与控制的关键在于通过研究大数据时代大数据（云计算）技术如何在海上行动中使用以提升体系的战斗力和作战效能；深入研究大数据指挥与控制需要的环境、条件及其作战组织形式。世界主要军事强国的海上行动大数据建设实践表明，作战需求决定作战数据建设的方向和目标，在明确应用需求下建设的数据成果实用性强，可信度高。在未来的智能知识时代，大数据通过对海量数据有针对性的分析，赋予了海上行动更多的预测、对策、精确和可能。

首先，制定大数据网络系列标准和规范，保障大数据完整、综合、全面、实时、动态、开放的特性，保证：

- 数据时空一致性；
- 数据保持原始状态；
- 数据完整及时；
- 数据高速动态可读取；
- 数据可信；
- 数据采用通用格式，等等。

通过统一的标准和规范为各种大数据应用和服务提供安全、可靠、高速的开源数据，确保应用和数据在不同云服务商之间可迁移和可用，实现大数据共享。

其次，将大数据中心、云计算中心作为公共基础资源建设和统筹的主体，引入

并建立数据源索引,通过云环境实现数据集合,使数据中心从传统分散走向新的分布式集中。通过采用最先进的存储利用技术,一体化的数据存储、备份、冗余和控制管理,虚拟化扬弃老旧数据和应用程序,形成便捷、经济、安全、规模化的服务。英国将在公共计算基础设施方面投入巨资,加强大数据采集与分析。美国政府提出在2010年—2015年期间整合联邦1100个数据中心计划,至2015年撤销至少800个;云计算中心则提供动态、广域可伸缩的计算服务。

再次,积极研究海上作战云的形成机理及其组织形式。其中,海上战术云是一种部署于海上战术前沿的海上行动用云生态环境,是海上行动相关部门各项大数据战术应用的基础平台。它可提供海量存储运算能力、可快速定制的应用程序,以及高性能的数据分析预测工具集和安全的跨密集网关服务。

最后,不断完善大数据感知网络。有资料表明,除了无所不在的商业和社会网络外,在海上和空中,以美、日等国为首的西方发达国家已着手建立具有强大作战空间状态监控优势的传感器网络。这些传感器分布于各个角落。由这些传感器产生的大数据通过无线/有线网迅速传输和汇集,实时形成知识的宝库。

### 3) 推行数据化训练,使作战数据建设根植于最广泛的实践之中

数据化训练强调在军事训练中以生成、采集、处理和利用作战数据为途径,以揭示后信息化战争的深层规律,用于指导后信息化战争实践。军事训练既是作战数据生成的最丰富土壤,也是获得接近实战数据的最佳环境。只有切实推进训练过程数据化,才能从根本上解决作战数据缺乏的困境。利用先进的数据挖掘技术、人工智能技术,以及嵌入式/平行仿真技术,开发符合海洋行动的数据标准并具备一定自主决策功能的指挥训练系统,促使“以经验为中心”的决策方式向“以数据为中心”的方式转变。

作战行动数据设计方和应用软件研制方应加强数据需求沟通,建立长期有效的互动反馈机制。一方面,加强数据采集力度,丰富完善数据内容;另一方面,充分考虑并贴合作战应用需求,通过提高应用方的参与度,准确把握需求,不断充实数据设计。

### 4) 建立大数据实验部队,使其成为以数据为中心的前沿阵地和示范基地

考虑到海上联合行动的实际,当务之急是适情建立少量实验部队,使其成为作战数据建设跨越式发展的前沿阵地,努力探索以数据为中心的新技术、新装备和新战法,为未来联合作战行动向大数据战略过渡提供经验。

# 参 考 文 献

- [1] Viktor Mayer-Schönberger, Kenneth Cukier. 盛扬燕, 周涛, 译. 大数据时代——生活、工作与思维的大变革[M]. 杭州: 浙江人民出版社, 2013.
- [2] 秦继荣. 指挥与控制概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
- [3] Executive Office of the President. Big Data Research and Development Initiative[R]. [S. L.]: Executive Office of the President, 2012.
- [4] David S. Alberts, 等. 赵晓哲, 等, 译. 理解指挥与控制[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [5] 艾·塞·马汉. 萧伟中, 梅然, 译. 海权论[M]. 北京: 中国言实出版社, 1997.
- [6] 胡志强. 优势来自联合——关于海上联合作战及其系统实现的思考[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.
- [7] 胡志强. 信息化军事体系的边缘组织观[J]. 装备学院学报, 2015, 26(3): 98-104.
- [8] Committee on Network-Centric Naval Force Naval Research Council. 李明, 王晓军, 等, 译. 以网络为中心的美国海军——增强作战能力的转变战略[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [9] 中国船舶重工集团公司. 海军武器装备与海战场环境概论(上、中、下)[M]. 北京: 海洋出版社, 2007.
- [10] 赵春雷, 乔治·纳汉. “大数据”时代的计算机信息处理技术[J]. 世界科学, 2012(2): 30-31.
- [11] 程龙军. 面向大数据的指挥决策系统模型研究[C]//中国指挥与控制学会海上指挥控制专委会. 信息时代的指挥与控制: 2014 年海上指挥控制和火力与指挥控制学术年会论文集. 北京: 国防工业出版社, 2014.
- [12] 刘庆生. 基于云计算的军事信息系统架构研究[C]//魏荣亮. 复杂海战场环境下指挥信息系统技术: 2013 年(第三届)海军指挥信息系统技术交流会论文集. 长沙: 国防科技大学出版社, 2013.
- [13] Schwartz C. Advanced Analytics and Data Science for Naval Warfare Planning and Execution[R]. [S. L.]: Office of Naval Research, 2014.
- [14] Yi Wei, Brian M Blake. Service-Oriented Computing and Cloud Computing Challenges and Opportunities[J]. IEEE Internet Computing, 2010.
- [15] 张强, 张宏军. 大数据: 蕴含信息化战争深层机理[N]. 解放军报, 2013-04-25.
- [16] Mission-Oriented Resilient Clouds Proposers[R]. DARPA, May 26, 2011.
- [17] 汪圣利. 大数据时代指挥信息系统发展分析[J]. 现代雷达, 2013, 35(5): 1-5.



- [18] Kevin D Foster, John J Shea, James Bret Michael, etc. Cloud Computing for Large-Scale Weapon Systems[J]. IEEE International Conference on Granular Computing, 2010.
- [19] 肖作林, 秦枫, 陆明胜. 一种“云”导弹协同打击系统的构想[N]. 飞航导弹, 2013(7): 23-26.
- [20] 常海锐, 王建斌, 刘明阳, 等. 基于大数据的指控系统发展方向初探[C]//中国指挥与控制学会. 第二届中国指挥控制大会论文集. 北京: 国防工业出版社, 2014.
- [21] 胡志强. 基于“三个世界”理论的大数据指挥与控制本体论[J]. 指挥与控制学报, 2015, 1(2): 232-237.

# 后 记

不同的时代有不同的社会形态，也会有不同的指挥与控制。信息后大数据时代，指挥与控制的观念、内涵和形式在不断发展演化。本书的写作构想源于 2012 年参加在西宁举办的全国火力与指挥控制学术年会。当年的会议主题是“信息时代的火力与指挥控制”，笔者就在思考不同于机械化时代的指挥控制，信息时代的指挥控制以信息为主导。从 1980 年 Alvin Toffler（1928—）首次提出“大数据”一词开始，大数据时代早已到来。大数据和指挥控制有什么内在联系？大数据时代，指挥控制的组织结构和指挥体制将发生什么变化？大数据指挥控制的本质是什么？大数据指挥与控制的机制、模式是什么？海上大数据有什么特点，如何利用好大数据更好地达成指挥与控制的目的？等等，都是大数据时代指挥与控制需要研究的问题。

实际上，我们本身就是大数据的一部分。面对大数据，不管我们想与不想，大数据都将覆盖我们，找到我们。我们不得不开始与数据打交道。如何直接从大数据中找到知识和对策，而不是像过去那样从已有的理论、经验和规则中寻找答案是大数据的魅力所在。2008 年，著名的英国 *nature* 杂志专门出版了名为“Big Data”的专辑。2012 年 3 月 29 日，美国政府发布了《大数据研究和发展倡议》，并正式成立了“大数据高级指导小组”，标志着美国政府开始把应对大数据技术革命带来的机遇和挑战提到了国家战略层面。同年 5 月，我国在北京也召开了“大数据科学与工程——一门新兴交叉学科”第 424 次香山科学会议。这是我国第一个以“大数据”为主题的重大科学工作会议，中国计算机学会、通信学会分别成立了“大数据专家委员会”。随着国家海洋发展战略的明确定位，笔者选择将大数据海上行动指挥控制作为研究课题。对于笔者而言，这是一个大而且难的复杂课题。值得庆幸的是，随着思考和研究深入，笔者发现基于大数据的海上指挥控制概念清新、内容丰富，值得探讨。大数据蕴藏着巨大的科研、社会和经济价值。本书就是这两三年思考的一个成果。

本人在学术研究和探讨中，与许多师长、朋友和领导进行了形式广泛的交流和

探讨，激荡出许多思想的火花。借此机会，我要特别感谢军事科学院军事运筹分析研究所所长江敬灼将军、副所长兼总工战晓苏研究员，大连舰艇学院舰船指挥系副主任谭安胜教授，海军陆战学院作战指挥系吴晓锋教授。他们对指挥控制的深刻见解和直言鞭辟使本人受益匪浅。同时，我要非常感谢国防大学信息作战与指挥训练教研室副主任胡晓峰将军和中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室主任王飞跃教授对本人所发表观点的鼓励和支持，他们的复杂系统工程论和平行系统观也让本人增长了很多知识，拓宽了视野。此外，我还要感谢海军工程大学指挥与控制工程系杨露菁教授，江苏自动化研究所副总工何佳洲研究员、袁富宇研究员，解放军理工大学指挥信息系统学院裘杭萍教授对本人学术研究的一贯指导和帮助。

本书在写作后期，特别参考了江苏自动化研究所档案情报研究中心程赛先副主任撰写的情报研究报告《云计算及其在美军的应用》。该报告为作者提供了很多有关大数据在美军中应用的最新材料和案例，在此表示衷心感谢！

本书由江苏自动化研究所支持出版。主管学术研究的潘冠华副所长对本书的出版一直给予鼓励、指导和支持，在此表示衷心感谢！对他的见识和远见由衷地表示敬佩！

程健庆所副总、周玉芳所副总、何佳洲所副总、陈培龙研究员、曹志敏研究员为审定本书付出了辛勤的劳动，提出了许多宝贵的意见。所科技部为出版本书进行了周密的安排。在此一并表示衷心的感谢！

由于个人的水平和时间有限，书中肯定还存有许多不足、问题，乃至错误，敬请同行专家和读者进一步批评指正。

高山仰止，景行行止。虽不能至，心向往之。

在此，再一次衷心感谢所有指导和帮助过本人的领导、学者和专家！没有您们的关心、指导和帮助，本书的问世是不可能的。感谢您们无私的奉献！感谢您们无限的支持！

作 者

2015 年 11 月于黄海之滨

